KOSMOS

Experimentieranleitung

KOSMOS electronic XN1000 XN2000

Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart

Allgemeine Anweisungen und Hinweise für Eltern und Benutzer:

Achtung! Einzelteile dieses Kastens haben spitze oder scharfe Ecken und Kanten. Es besteht **Verletzungsgefahr!**

Zum Experimentieren wird eine, für einige Versuche zwei, 9-Volt-Batterien der **Type 6 F 22** benötigt, die wegen Ihrer begrenzten Lagerfähigkeit dem Kasten nicht beigegeben sind.

Nur Batterien gleichen Typs und gleichen Ladungszustands verwenden.

Batterien nicht parallel schalten!

Keine wiederaufladbaren Akkus (NiCd) verwenden, da bei Kurzschluß **Explosionsgefahr** besteht!

Batterien niemals aufladen! Es besteht **Explosionsgefahr!**

Batterien niemals zusammen mit Netzgerät verwenden.
Explosionsgefahr!

Als Netzstromversorgung nur KOSMOS Netzgerät X Bestellnr. 617 813 verwenden.

Netzgerät und Zuleitungen regelmäßig auf Beschädigung an Kabel, Leitung und Stecker überprüfen, das Gehäuse auf Risse u.s.w. Falls irgendwelche Schäden festgestellt werden, Netzgerät sofort entfernen und Schaden beheben lassen (Elektrodienst, KOSMOS Abt. Ersatzteile).

Keine Experimente mit den Steckdosen des Lichtnetzes! Die 220 Volt des Lichtnetzes sind **lebensgefährlich!**

Achtung! Rundfunkempfangsgeräte, auch einfachster Bauart, dürfen nur bereitgehalten werden, wenn eine ordnungsgemäße Tonrundfunkgenehmigung vorliegt. Formulare zur Anmeldung gibt es bei Banken und Sparkassen.

1. Auflage
Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart / 1992
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherungen und Verarbeitung in elektronischen Systemen.
Wir übernehmen keine Garantie, daß alle Angaben in diesem Buch frei von Schutzrechten sind.
© 1992 Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart
Technische Konzeption: Kosmos Entwicklungslabor
Unter Mitarbeit von Günther Ramm, Braunschweig
Text und Layout: Ulrich Gohl, Bernd Leiter, Stuttgart
Illustrationen: Friedrich Werth, Horb
Fotos: Atelier Weisshaupt, Stuttgart
Printed in Germany/Imprimé en Allemagne

KOSMOS

Experimentieranleitung

KOSMOS electronic XN1000

für die Versuche 1 bis 148

Zum gefahrlosen Experimentieren ist eine 9-Volt Batterie des Typs 6F22 erforderlich, die wegen ihrer begrenzten Lagerfähigkeit im Kasten nicht enthalten ist. Anstelle der Batterie kann das Kosmos Netzgerät X, Bestellnummer 617 813, verwendet werden.

Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart

KOSMOS electronic Box 1

Bezeichnung	Teil	Aufbau/Schaltz.
Ohrhörer **042056**		EP
Beutel 1 mit 2 Tastern und 3 Schrauben für Drehkondensator **000148**		Ta Ta
Leuchtdiode superrot **000145** Leuchtdiode grün **002198**		A K A LED K
Transistormodul npn 2x **043006**		B C E C B T E
Drehkondensator **000143**		A B C Drehkoanschlüsse auf Steckfeckfeder A, B und C A D G
L-Modul **000144**		4 3 L 2 6 1 L 3 4 2 6 1
Beutel Drahtbrücken 10 Stück kurz **000282** 10 Stück lang **000292**		

electronic Multipack 1 000845

Widerstände 150 Ω 2x 470 Ω 1 kΩ 5,6 kΩ 15 kΩ 33 kΩ 100 kΩ 220 kΩ 680 kΩ		R
Kondensatoren 2x 6,8 nF		C
Elektrolyt-Kondensatoren 10 µF 100 µF		+ C
Germaniumdiode		A K A D Ge K

Bezeichnung	Teil
Pultoberteil 1 **070207** und Unterteil **070407**	electronic system I KOSMOS
Spritzbaum 1 mit 2 Kappen und 1 Drehknopf für Drehkondensator **004012**	
Beutel mit Steckfedern 33 Stück **000612**	
3 Drahtstücke im Bündel **000151**	
Batterieclip **042106**	
Satz Kontakthülsen 6 Stück **004002**	

Technische Änderungen vorbehalten!

Für Ersatzteile bitte mit beiliegender Postkarte Bestellschein mit aktueller Preisliste anfordern bei

KOSMOS
Abt. Ersatzteile
Postfach 10 60 11

D-7000 Stuttgart 10

Ohne Bestellschein ist eine Lieferung nicht möglich!

Schaltzeichen

Leitungskreuzung ohne leitende Verbindung

Leitungsabzweigung mit leitender Verbindung

Leitungskreuzung mit leitender Verbindung

Anschlußpunkt

Taster

9-Volt-Batterie

Widerstand

Potentiometer (Poti)

Kondensator

Elektrolytkondensator

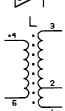
Leuchtdiode

Diode

npn-Transistor

Fototransistor

Verstärker-Modul



HF-Übertrager mit Kern (Spule)

Drehkondensator (Drehko)

Lautsprecher (SP=Speaker)

Ohrhörer (EP=Earphone)

Antenne

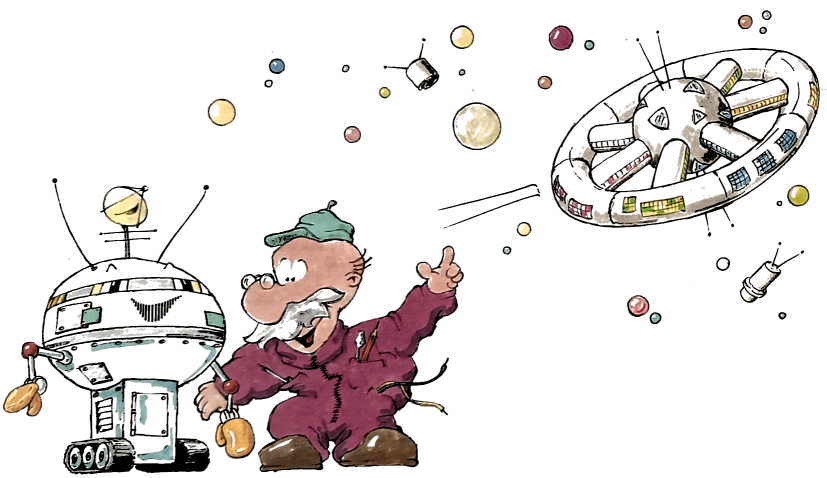
Erde

Inhaltsverzeichnis

Ein sympathischer Roboter wird „geboren" **4**
Ohne Pult läuft gar nichts 6
Bei Null geht's los 8
Die Teile und ihre Darsteller 10
Im Stromkreis geht's rund 10
Über diese Brücke führt der (Strom-)Fluß 11
Über viele Brücken mußt du geh'n 11
Das funktioniert auf Tastendruck 12
Die Abteilung „Mars": Gewächshäuser im All **13**
Genügend Wasser im Tank und bei den Blumen? 14
Zeiten messen – natürlich elektronisch 15
Bei der Spannung wird's spannend 16
Widerstand stört den Stromfluß 16
Wenn Widerstände nebeneinander liegen 17
Ein Widerstand nach dem andern 17
Leuchtende Farben zeigen den Widerstandswert 17
Die Abteilung „Uranus": Weltraum-Werkstatt **18**
Die Batterie von M-3 wird getestet 19
Wo ist Plus, wo ist Minus? 20
Funktionieren die Transistoren? 20
Wie macht man Strom stärker? 21
Die Sensortaste ist ganz schön empfindlich 22
Ein „Hauch" genügt, um die Diode zu löschen 22
Der Kondensator bewahrt Elektrizität auf 23
Sie blitzt nur einen Moment 24
Die Stoppuhr mit den farbigen Leuchten 25
Die Abteilung „Venus": Residenz der Raumpfleger **26**
Sirenenklänge im All 27
Die Schaltung warnt vor der Erde 28
Roboter sind auch bloß Menschen 29
Die Zentrale „Jupiter": das Herz der Station **30**
Doppelte Sicherheit: die geniale Türklingel 31
Weh' dem, der den Computerraum betritt 32
Diese Schaltung sagt nur JA 33
Die Schaltung, die stets verNEINt 33
UND was passiert dann? 34
Die vierte Schaltung, ODER so 34
UND wenn man NICHT aufpaßt... 35
ODER begreift das jemand NICHT? 35
Sieben auf eine Schaltung 36
Die Abteilung „Neptun": Verbindung zur Erde **37**
Mal lang, mal kurz, so fiept's im All 38
Wie Strom Lärm macht 39
Kosmos-Kiwis machen Musik 40
Leitend oder nicht leitend, das ist hier die Frage 41
Achtung: Wasser-Leitung! 41
Kampf den lästigen Läusen! 41
Wenn die Verpflegung hupt 42
Die Abteilung „Pluto": Unterhaltung für Electronica **43**
Die Elektronik schlägt den Takt 44
Die Quizuhr des Quintus Quasar 45
Wenn die Venus-Viper tanzt 46
Ein Schalter kann immer nur das Eine 47
Dieser Schalter kann beides 48
Die Abteilung „Saturn": ein himmlischer Freizeitpark **49**
Schrill, schriller, am schrillsten 50
Elektronik überführt Lügner 50
Zauberhafte Farbenspiele 51
Das erste Lichtspiel des Magiers 52
Diode wechsle dich 52
Der Transistor hilft beim Ein und Aus 53
Der Transistor kann's auch andersrum 53
Die Abteilung „Merkus": Weltraum-Voltasium **54**
Die Diode verrät den Einbrecher 55
Mit Transistor: JA 56
NEIN und abermals NEIN 56
Die Diode brennt so UND so 57
Geht's schon weiter, ODER? 57
Genau so UND NICHT anders funktioniert's 58
War's das jetzt endlich, ODER NICHT 58
Die Einbahnstraße für Elektronen 59
Die Germaniumdiode auf dem Prüfstand. 59
Armstrong wagt gewagte Thesen 60
Die Suche nach den Dioden im Transistor 60
Der erste Test der zweiten Diode 61
Andersherum funktioniert's nicht 61
Wo die Radiowellen rauschen 62
Zweimal verstärkt hört sich's besser. 63
Wenn es Nacht wird auf Electronica 64

Ein sympathischer Roboter wird „geboren"

In der Robotermanufaktur herrscht rege Betriebsamkeit. Heute, am 21. Juli des Jahres 2069, auf den Tag genau 100 Jahre, nachdem der erste Mensch seinen Fuß auf den Mond gesetzt hat, soll die neue Baureihe M-3 vom Band gehen. Chefmechaniker Theo Dreidreh überprüft die junge Robotergeneration kritisch.
Jedem Roboter gibt er auch gleich einen Namen, dem ersten einen mit A, dem zweiten einen mit B und so weiter. „Na, mein Junge, jetzt geht's bald los!" sagt er zu dem Roboter, den er gerade beim Buchstaben R in der Mache hat. „Robert sollst du heißen, Robert M-3. Ich finde, der Name paßt zu dir. Ach, übrigens: Professor Armstrong, dein Meister, kommt persönlich vorbei, um dich abzuholen!"



Der Roboter schwenkt unsicher die Antennen ein paar Mal hin und her, dabei dreht er sein Kopfteil einmal rundherum, wie es Roboterart ist. Eine schwierige Aufgabe erwartet ihn. Sein Bestimmungsort: die gigantische Weltraumstation Electronica.
„Wird sicher ein spannender Job dort oben", meint Dreidreh und zieht die Schrauben an der Festplattenabdeckung an, „der Professor wollte unbedingt einen der neuen Baureihe haben, weil diese Roboter mit einer Gefühlskarte ausgestattet sind."
Roberts Laufrollen, auf denen er sich behende vorwärts bewegt, verlangen quietschend nach einem Tropfen Öl: „Und was soll ich da oben? Ich habe doch keine Ahnung von Elektronik und so?" fragt er den Mechaniker. „Deshalb bist du einer der Roboter, die lernen können. Der Professor wird dir in einem Rundgang all das beibringen, was ein Elektronik-Assistent wissen muß."
„Könnten Sie mir vielleicht schon ein paar Informationen über die Weltraumstation Electronica geben?" fragt Robert. „Na klar", freut sich Dreidreh, denn am Interesse des Roboters erkennt er, daß das Neugierdeprogramm funktioniert. „Also, Electronica umkreist wie ein zweiter Mond die Erde. Die Station ist zwar bei weitem nicht so groß wie der Mond, aber die Größe einer richtigen Stadt hat sie schon."
„Und wie sieht das Ding aus?" hakt der junge Roboter nach. Gerne erklärt es ihm der Chefmechaniker: „In der Mitte sitzt die Zentrale, in der die ganze Station organisiert wird. Von ihr gehen wie die Speichen eines Rades – dicke Röhren zu einem ebenso dicken Ring, der die verschiedenen Abteilungen des künstlichen Mondes miteinander verbindet. Die Abteilungen haben jeweils unterschiedliche Funktionen."
Robert versucht zu folgen und doch ist ihm das All-es so fremd und unheimlich. Schließlich hat er außer der Werkstatt noch nichts gesehen von der Welt.
Um Robert einzustimmen, schwärmt Dreidreh von der Schönheit Electronicas: „Funkelnd und strahlend hängt die Station am Himmel, in traumhaftes Licht getaucht von der Sonne. In einer Abteilung wogen kräftig grüne Felder, in ei-

ner anderen stoßen Raketentriebwerke hell leuchtende Feuerschweife aus, in einer dritten genießen fröhliche Menschen und fröhliche Roboter das Leben."
Schon diese paar Worte reichen aus, um Roberts Gefühlskarte anspringen zu lassen. Ein leichtes Surren zeigt dem Fachmann aber auch, daß der Jungroboter sich seiner Sache nicht ganz sicher ist.
„Das schaffst du schon, mein Junge", macht ihm Dreidreh väterlich Mut, „die da oben kochen auch nur mit Wasser, und die Elektronik wird dir Armstrong schon von der Pieke auf beibringen, keine Sorge. Außerdem wirst du sehr schnell merken, daß die Elektronik verdammt viel Spaß macht. Die vielen Versuche, die tollen Geräte: Alarmanlagen und Lügendetektoren, zauberhafte Blinkschaltungen und fiepende Tongeneratoren – na ja, du wirst's ja bald selbst erleben."
So langsam kommt in Robert Begeisterung auf: „Oh ja, ich glaube, das ist was für mich!" Dreidreh bestätigt ihn: „Na, das will ich meinen, schließlich seid ihr von der Baureihe M-3 speziell für solche Einsätze gebaut worden. Ihr könnt fühlen, mit eurer Gefühlskarte, und ihr könnt lernen, mit einem hochkomplizierten Computerprogramm. Auch viele deiner Brüder und Schwestern werden nach Electronica geschickt, vielleicht trifft du die eine oder den andern wieder."
So ganz nebenbei hat Dreidreh die Schaltungen des Roboters überprüft und absolut keinen Fehler entdeckt. Sie rollen nun dem Ausgang zu, wo Professor Sirius Armstrong, ein Urururneffe des ersten Mondfahrers, schon auf seinen neuen Assistenten wartet.
„Hallo Dreidreh, altes Haus!" ruft er dem Mechaniker entgegen. „Tagchen, Tagchen, Sirius, hier habe ich deinen neuen Assistenten, darf ich vorstellen: Robert M-3, das beste, was unser Haus im Moment zu bieten hat." Armstrong streicht dem Jungroboter sanft über die Antennen: „Sirius Armstrong, Chefelektroniker auf der Raumstation Electronica, sehr erfreut dich kennenzulernen, Robert."
Robert verabschiedet sich von seinem technischen Vater, und so machen sich der Roboter und sein Lehrmeister auf den Weg zu der Raumfähre, die sie mit mehrfacher Schallgeschwindigkeit zur Station Electronica bringen wird.
„Hast du denn schon viel gehört von Electronica?" will der Professor wissen. „Schon", sagt Robert durch seinen Lautsprecher und dreht die akustischen Sensoren, mit denen er hört, dem Professor zu.
„Bestimmt hat Dreidreh dir schon viel erzählt. Aber du wirst ja bald alles mit eigenen Augen, will sagen: mit eigenen Optosensoren, kennenlernen. Gleich nach der Landung werden wir uns die wichtigsten Abteilungen von Electronica zusammen anschauen. Da freue ich mich besonders drauf, denn ich werde viele Freunde aus der guten alten Raumfahrtzeit wiedersehen und sie dir vorstellen können."
Armstrong und Robert fahren auf der Gleitschiene ins Innere der Raumfähre. „Ich, ein Elektroniker: Na, das kann ja was werden", denkt Robert laut vor sich hin.

„Solange wir auf den Start warten", schlägt Armstrong vor, „können wir doch unser Hyper-Schaltpult bauen, das wir laufend brauchen." M-3 ist natürlich sofort einverstanden und dreht – nach Anleitung durch den Elektroniker – aus dem Unterteil des Pults (entsprechend Bild 1) das Teil „A" heraus. „Wenn wir am geöffneten Pult arbeiten, wird es uns als Stütze dienen–, erklärt

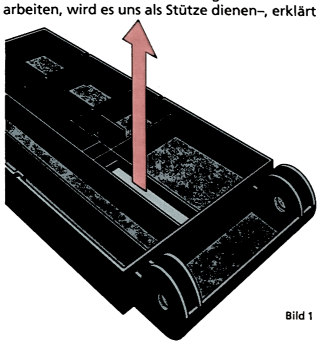
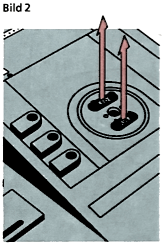


Bild 1

Bild 2



Armstrong. „Wie Bild 2 zeigt, lösen wir dann die Halterungen „LED" und „LWL" aus dem Oberteil des Pults und bewahren alles gut auf; wir werden die Teile später dringend benötigen."
Noch stehen die Lampen an der Startrampe auf Rot. „Dann laß uns auch gleich noch die Steckfedern montieren", regt Armstrong an und zeigt Robert einen Plan, der Bild 3 auf's Haar gleicht. „Die Zeichnung zeigt, welche rechteckigen Aus-

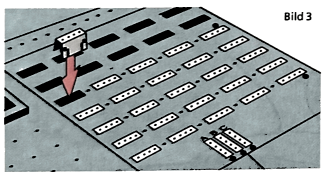


Bild 3

sparungen des Pult-Oberteils mit Steckfedern zu bestücken sind und welche freibleiben." Mit seinen feinfühligen Greifern drückt M-3 die Teile an ihren Platz, bis sie jeweils hörbar einrasten. „Wozu brauchen wir die Metallklammern überhaupt?" will der Roboter wissen. „Damit die elektronischen Bauteile für unsere Experimente einen festen Halt haben und miteinander in Kontakt stehen", klärt ihn Armstrong auf.
Nun erläutert der Elektroniker, wie der Drehkondensator, kurz: „Drehko" – entsprechend Bild 4 – montiert wird: „Wir machen den Drehko mit den beiden kurzen Schrauben im Pult-Oberteil fest. Seine Anschlüsse zeigen nach hinten, also zu den Steckfedern." Gesagt, getan. „Dann stecken wir den Knopf auf die Achse des Drehkos–, fährt Armstrong fort, „und drehen sie vorsichtig nach links bis zum Anschlag; jetzt muß die Markierung auf dem Knopf – der kurze Strich – ebenfalls nach links zeigen. Mit der langen Schraube schrauben wir den Knopf auf dem Drehko fest."

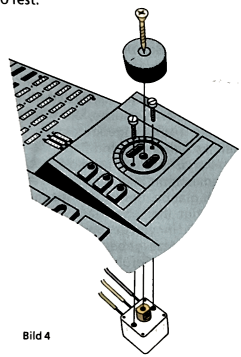


Bild 4

„Befestigt ist der Drehko zwar, aber ans Pult angeschlossen ist er noch nicht", bemerkt Roboter, der schon ins Elektronikfieber fällt. „Gut beobachtet", lobt der Professor, „das wollen wir jetzt tun. Dazu fummeln wir – wie im Bild 5 dargestellt

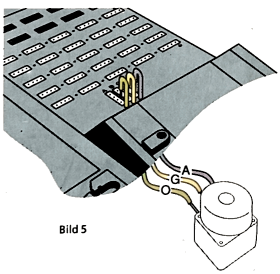


Bild 5

– den Anschluß O in die Steckfeder A, das Kabel G in die Feder B und das Kabel A in die Steckfeder C. Damit sich die Kabel nicht lösen, drücken wir sie im kammförmigen Kabelhalter fest."
„Um unser Pult mit Strom zu versorgen, müssen wir jetzt den Batterieclip einbauen, das Teil, das die Batterie mit der Schaltung verbindet", gibt der Professor die nächsten Anweisungen. „Dazu fädeln wir das rote Kabel (+) von unten durch das Loch neben der Steckfeder 404 und stecken es in die genannte Feder. Bild 6 macht den Vorgang nochmal klar. Das dunkle Kabel (-) wird in gleicher Weise mit Steckfeder 804 verbunden." Und er ergänzt: „Besitzer des Netzgeräts X schließen das rote Kabel an Steckfeder 404 an, das dunkle an Steckfeder 804. Man wickelt das Zwillingska-

Roberts Notizblock

Wieder muß der Professor vor einem verheerenden Fehler warnen: „Leuchtdioden sind keine Glühbirnchen! Man darf sie niemals ohne Vorwiderstand an die Batterie oder das Netzgerät anschließen. Sie würden sonst sehr wahrscheinlich kaputt gehen."

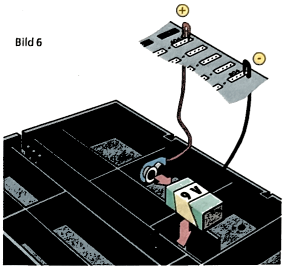


Bild 6

bel ein paar Mal um den Pfosten im Unterteil und führt es durch die Aussparung hinten aus dem Pult heraus."

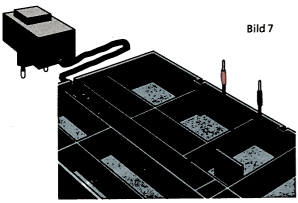


Bild 7

„Bild 8 zeigt–, weist der Professor seinen Assistenten an, „wie Ober- und Unterteil des Pults

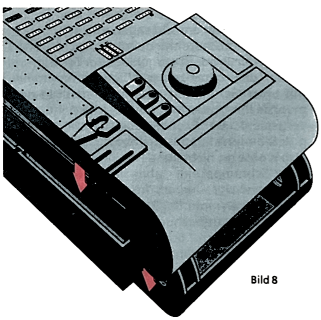


Bild 8

zusammengefügt werden. In Bild 9 ist zu sehen, wie man die Teile durch Aufstecken der beiden Kappen fest miteinander verbindet." „Damit ist

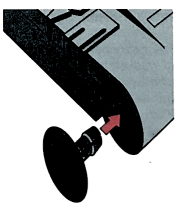


Bild 9

das Pult ja wohl endlich fertig" wird Robert langsam ungeduldig. „Das schon", erwidert Armstrong, „aber auch ein paar Bauteile wollen vor den ersten Experimenten noch zurechtgebogen werden, zum Beispiel die Leuchtdiode. Dazu biegen wir ihre Anschlüsse zuerst so auseinander, daß die Diode in die 'zuständige' Aussparung links am Pult paßt (Bild 10). Wir legen die Diode ein und drücken die Anschlüsse wieder zusammen. Jetzt ist sie gebrauchsfertig.

„Gelegentlich", schließt Armstrong die Vorbereitung der Leuchtdiode ab, „wollen wir sie auch in die Löcher im Pult, links neben dem Drehko, einsetzen (Bild 11). Dann müssen wir ihre 'Beine'

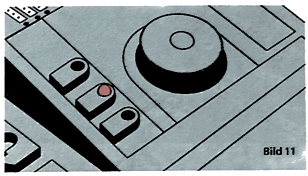


Bild 11

verlängern. Dazu schneiden wir zuerst einen Drahtanschluß in der Mitte auseinander (Bild 12), und zwar mit einer Kabelzange oder einer

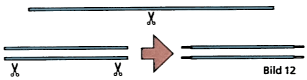


Bild 12

runden Schere – spitzige Scheren sind wegen der Verletzungsgefahr nicht geeignet. Je eine Kontakthülse sorgt für dauerhaften Kontakt zwischen Diodenanschluß und Draht – wenn man so verfährt, wie es Bild 13 andeutet. Das freie Ende des Drahtes wird entsprechend dem jeweiligen Aufbaubild von unten durch ein Loch direkt neben der 'richtigen' Steckfeder gefädelt und in die Steckfeder gesteckt – genau so, wie wir es ja schon bei den Drähten des Batterieclips getan haben."

Die „Ampel" an der Startrampe springt auf Gelb. „Jetzt können wir gerade noch unsere Drahtbrücken biegen, bevor's los geht", drängt Armstrong zur Eile. M-3 zieht also schnell die losen Isolationsstückchen (wie in Bild 14 gezeigt) von den Drahtabschnitten. Die kurzen Drahtbrücken steckt er in das Loch mit der Beschriftung „15 mm" (an der linken Pultseite), die langen in das mit der Aufschrift „30 mm" und biegt sie entsprechend Bild 15.

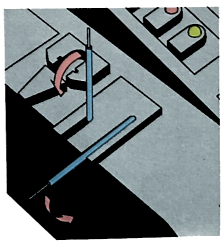


Bild 15

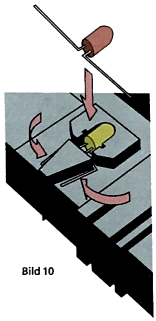


Bild 10

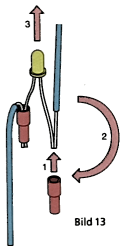


Bild 13

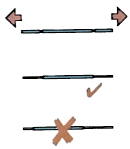
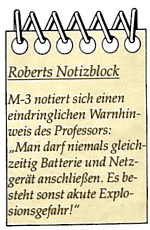
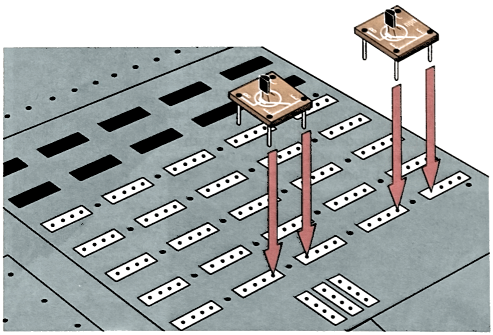
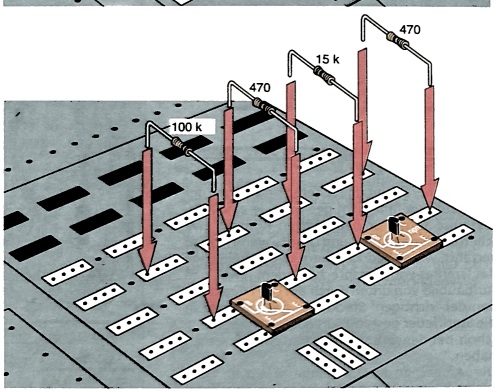


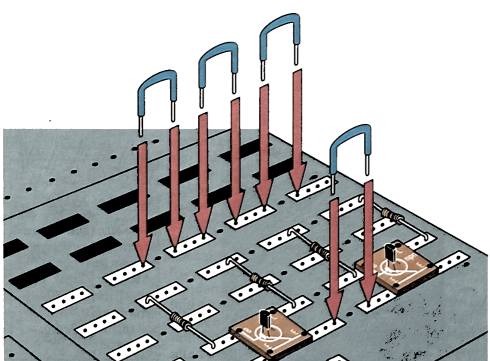
Bild 14


Roberts Notizblock

M-3 notiert sich einen eindringlichen Warnhinweis des Professors: „Man darf niemals gleichzeitig Batterie und Netzgerät anschließen. Es besteht sonst akute Explosionsgefahr!"







„Zehn – neun – acht – sieben..." Die Zahlen des Countdown werden kleiner. Langsam wird auch der erfahrene Raumreisende Armstrong unruhig: „Jetzt bin ich schon so oft ins All geflogen, und trotzdem ist's immer etwas Besonderes." Bei „Zero" heulen die Triebwerke auf, die Feststoffraketen zünden. Die Beschleunigung drückt unsere Helden mit dem mehrfachen ihres irdischen Gewichts in die Sessel. Bald erschüttert ein Ruck die Raumfähre. „Ui, was ist denn jetzt los?" brüllt M-3 gegen den Lärm an. Armstrong beruhigt ihn: „Zwei Minuten nach dem Start werden die Zusatzraketen abgesprengt. In weiteren vier Minuten wird's wieder unruhig, weil unser Kapitän dann die Haupttriebwerke ausschaltet."

Tatsächlich werden die Passagiere noch einmal durchgeschüttelt, doch dann kommt der schönste Teil jedes Raumflugs: Das „Schiff" gleitet schwerelos durchs All. „Na, wie wär's", fragt der Professor seinen frischgebackenen Assistenten, „sollen wir mal zum Kapitän des Raumgleiters vorschweben?" Robert ist unsicher: „Dürfen wir überhaupt?" Kein Problem. „Zu Kapitän Schnuppe kann ich immer kommen."

„Wißt ihr", fragt der Professor die Crew im Cockpit, „wann Schnuppe und ich zum ersten Mal miteinander geflogen sind? Das war 2031!" Der Kapitän erinnert sich gut daran: „Damals war ich dritter Hilfsnavigator, und Sie haben ein Allpraktikum gemacht. Nach dem Flug waren wir in der Bar 'Zur Milchstraße' auf einen Shake!"

„Wer", fährt Schnuppe fort, „ist denn die seltsame Konservendose, die Sie da mitgebracht haben?" Das hätte er nicht sagen sollen. Robert ist in seiner Roboterehre gekränkt: „Ich, Robert M-3, bin ein Produkt ausgeklügelter Technik und neben den gängigen Intelligenzprogrammen mit einer Gefühlskarte ausgerüstet! Bitte nehmen Sie Ihre Äußerung zurück, ich könnte mich vergessen!" Der Professor beruhigt ihn: „Ist ja gut. Schnuppe hat das nicht böse gemeint."

„Ich wollte dir nicht auf deine Sensoren treten", lenkt Schnuppe ein, „aber im All ist der Umgangston halt rauher als drunten auf Terra." Mit einem Nicken nimmt M-3 die Entschuldigung an: „Zur Wiedergutmachung könnten Sie uns ja das Cockpit erläutern." Schnuppe schlägt etwas Besseres vor: „Wir bauen ein Elektronikgerät, das so faszinierend blinkt wie der Sternenhimmel um uns herum."

„Das ist ein Wort", begeistert sich der Professor und zieht seine dicke Elektroniktasche heran, die schwerelos neben ihm schwebt.

1 Nach den Anweisungen von Schnuppe baut Armstrong die Schaltung auf. Er verfährt dabei wie in den Schritten A-F, die links und rechts auf dieser Doppelseite dargestellt sind.

M-3 reißt seine optischen Sensoren auf (seine „Augen") und wackelt mit den Akustiksensoren (so was ähnliches wie Ohren). „Die rote und die grüne Leuchtdiode blinken ja abwechselnd! Hat das etwas mit Strom zu tun?!"

„So ist es", bestätigt Schnuppe, „aber weißt du überhaupt, was Strom ist?" M-3 druckst: „Äh, eigentlich weiß ich nur, daß ich strombetrieben

bin." Der Professor mischt sich ein: „Und nicht nur du, sondern auch die Computer hier, der Fernseher, die Deckenlampe undundund."
„Genug der Theorie", wirft Schnuppe ein, „wir sollten noch ein bißchen mit unserem Wechselblinker spielen; er kann noch mehr, als er bisher zeigt." Das macht M-3 neugierig: „Was denn?"

2 Schnuppe nimmt die grüne Leuchtdiode aus der Schaltung und steckt an ihre Stelle eine Drahtbrücke.
Die rote Leuchtdiode geht für 1 Sekunde an und verlischt dann wieder; nach 1 weiteren Sekunde leuchtet sie wieder auf und so weiter. „Solche Warnblinker", greift Armstrong vor, „warnen in der Station die Fußgänger vor rasenden Robotern."
„Kann man mit den anderen Bauteilen...", denkt Robert nach. „Man kann!" weiß Schnuppe.

3 Er zieht den Widerstand R2 (100 kΩ) – das ist der mit dem braunen, dem schwarzen und dem gelben Ring – heraus und bringt an seine Stelle einen 33-kΩ-Widerstand (drei orangefarbene Ringe). Die anderen Teile läßt er, wie sie sind.
Die Leuchtdiode schaltet sich kurz (etwa 0,3 Sekunden) ein und geht dann für 1 Sekunde aus.
„Übrigens, lieber M-3", fällt Armstrong ein, „was 'Widerstand' und 'Ω' bedeuten, mußt du noch nicht verstehen. Wir kommen drauf."

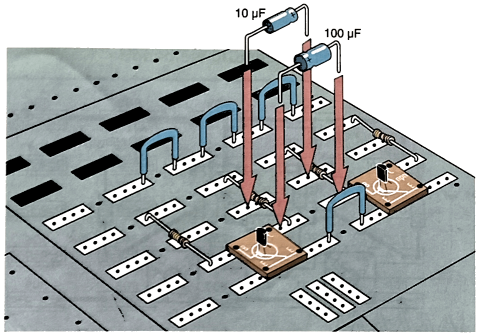
4 „Wenn wir R2 erneut ändern", weiß Schuppe, „dann bekommen wir natürlich ein anderes Ergebnis." Als R2 steckt er einen 3,3-kΩ-Widerstand (orange-orange-rot) in den Aufbau.
Jetzt blinkt die Leuchtdiode nur ganz kurz auf und geht gleich wieder aus.

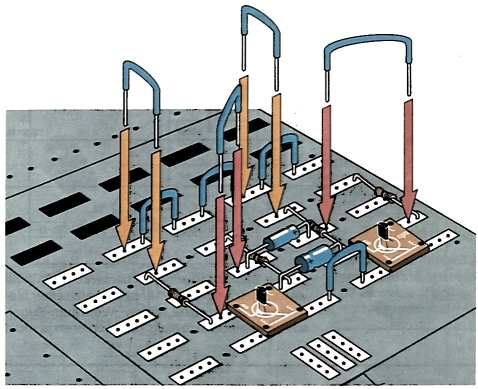
5 Inzwischen hat Schnuppe das nächste Experiment gestartet: Als R1 nimmt er einen 1-kΩ-Widerstand (braun-schwarz-rot), als R2 einen mit 100 kΩ (braun-schwarz-gelb).
Nach 1 Sekunde Leuchten geht die Diode für 0,1 Sekunden aus und strahlt dann wieder. „Mit solchen Schaltungen machen die Hersteller der Schokoladenriegel „Merkur" und „Milky Street" auf ihre Werbung aufmerksam!" erläutert der Professor.

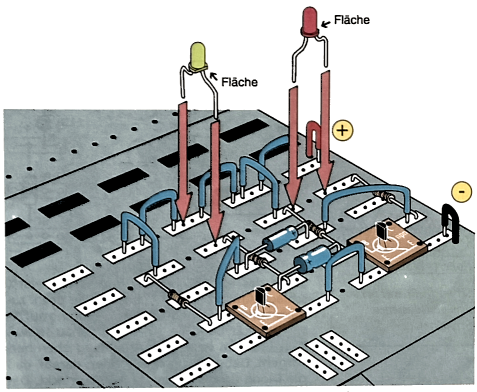
6 „Können wir zum nächsten Versuch kommen?" drängt M-3. Schnuppe ersetzt R2 durch einen 15-kΩ-Widerstand (braun-grün-orange).
Der Blinktakt ist jetzt ganz kurz: Die Leuchtdiode geht nur für 0,1 Sekunden an und bleibt dann für ebenfalls 0,1 Sekunden dunkel.

Roberts Notizblock

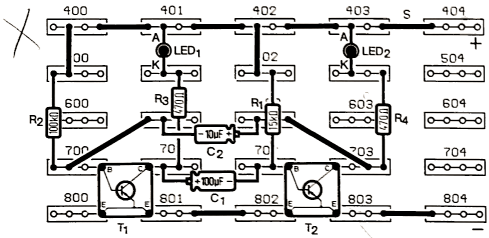
„Stromstärke", diktiert Armstrong M-3, „kann man messen: in Ampere (Abkürzung 'A'). Dieses französische Wort spricht man 'Ampär' aus. Die Bezeichnung ehrt den französischen Physiker André Ampère, der 1775 geboren wurde und 1836 starb. Je höher die Ampere-Zahl ist, desto mehr Strom fließt. In unseren Schaltungen haben wir es mit sehr kleinen Stromstärken zu tun. Diese mißt man in Milli-Ampere; ein Milli-Ampere ist der tausendste Teil eines Ampere – so wie ein Millimeter der tausendste Teil eines Meters ist. Für das Milli-Ampere verwenden die Fachleute die Abkürzung: 'mA'.

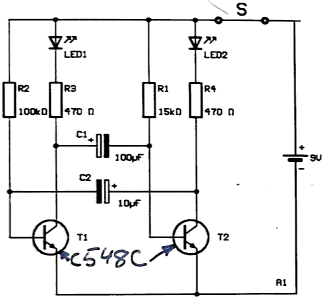






Die Teile und ihre Darsteller





Roberts Notizblock

Die wichtigsten Schaltzeichen und ihre Bedeutung sind auf Seite 3 dieses Buches zusammengestellt.

„Diese Blinkschaltungen", bemerkt M-3, „will ich mir gleich notieren." Er nestelt aus seiner blechernen Brusttasche einen Weltraum-Kugelschreiber – normale Kulis funktionieren ja nicht in der Schwerelosigkeit. Umständlich beginnt der Roboter, die Zeichnungen abzupinseln. „So viel Mühe brauchst du dir gar nicht zu machen", unterbricht ihn der Professor.

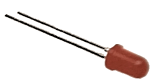
Er zeigt M-3 eine Skizze, die genau so aussieht wie die links abgedruckte. „Wir betrachten unsere Steckplatte von oben und erkennen alle verwendeten Bauteile." Jetzt mischt sich Schnuppe ein: „Wir benutzen allerdings meist eine noch simplere und allgemeiner gültige Version – den Schaltplan. In ihm werden die Bauteile durch Symbole, die sogenannten Schaltzeichen dargestellt."

Er drückt Robert ein Blatt Papier in den Greifer. Darauf ist das zu sehen, was links als zweites Bild abgedruckt ist.

Robert möchte nun endlich eine Erklärung zur Blinkschaltung hören. Gerne gibt sie ihm Armstrong: „Die Transistoren T1 und T2 beinflussen sich ständig gegenseitig. Wenn der eine so richtig in Fahrt kommt und 'seine' Leuchtdiode gerne zum Leuchten bringen will, schafft er das nur ganz kurz. Denn schon unternimmt der andere alles, um das zu verhindern und stattdessen der zweiten Leuchtdiode Strom fürs Aufleuchten zu verschaffen. So geht der 'Kampf' zwischen den beiden Transistoren hin und her, ohne daß einer von beiden gewinnt. Das Ergebnis: Die Leuchtdioden gehen abwechselnd an und aus."

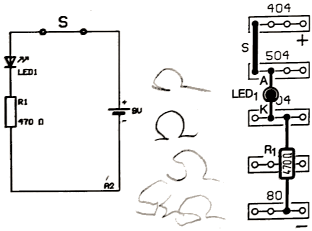
„So ungefähr weiß ich jetzt, wie's geht – aber ganz genau begriffen habe ich die Funktion noch nicht", gibt M-3 zu. „Das macht gar nichts", tröstet der Professor, „erst wenn du alle Bauteile kennst, wirst du den vollen Durchblick haben. Nur soviel sei jetzt schon verraten: Ganz alleine schaffen es die beiden Transistoren doch nicht. Sie brauchen auch die anderen Teile dazu.

Im Stromkreis geht's rund



Roberts Notizblock

Strom fließt nur in einem geschlossenen Stromkreis.



„Falls das ein bißchen zu kompliziert war", schlägt Armstrong vor, „bauen wir doch zunächst eine einfache Stromkreisschaltung auf."

7 Er baut die Schaltung genau so auf, wie es aus der Abbildung oben hervorgeht. Dabei achtet er besonders darauf, daß die Diode richtig herum im Aufbau steckt. Das „K" in der Skizze steht für „kurzes Bein".

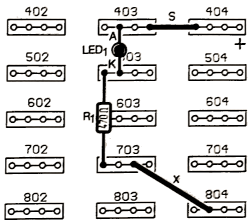
Die Leuchtdiode leuchtet. „Moment", wirft M-3 ein, „*ich* erkläre jetzt, wie der Strom fließt. Also: Er wandert von der Batterie unterhalb des Steckfeldes durch das Kabel, fließt durch die Drahtbrücke S, die stets zur Funktion des Ein und Ausschaltens eingesteckt oder herausgezogen wird, fließt dann durch die Leuchtdiode mit ihrem Widerstand und erreicht über das zweite Kabel wieder die Batterie. Na, wie war ich?" Anerkennend nickt Armstrong: „Exakt so ist es. Und wenn du dir deinen Bauplan anschaust, dann wird dir klar, daß auch du nur funktionierst, wenn dein Stromkreislauf geschlossen ist." Robert erinnert sich an sein Ausbildungsprogramm: „Aber sicher, und mein 'Kreislauf' läuft ähnlich ab wie der Blutkreislauf von euch Menschen. Das Herz pumpt das Blut durch die Arterien bis in die feinste Verästelung in der Haut, und von dort fließt es dann über die Venen zurück zum Herzen."

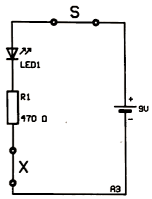
„Wehe", scherzt gutgelaunt der Kapitän, „wenn der Kreislauf dadurch unterbrochen wird, daß man sich so tief in den Finger schneidet, daß es blutet..."

Über diese Brücke führt der (Strom-)Fluß

„Ich hätte da", meint Armstrong, „noch einen kleinen Änderungsvorschlag zu dieser Schaltung."

8 Der Professor steckt den Aufbau so zusammen, wie es die Abbildung rechts zeigt. Er bringt also eine weitere Drahtbrücke in den Aufbau ein. Erneut schaut er besonders genau hin, daß die „Richtung" der Leuchtdiode stimmt. Zur Erinnerung: „K" deutet an, wo das „kurze Bein" der Diode zu stecken hat.
Wie gebannt starrt Robert auf die Leuchtdiode. Wird sie auch dieses Mal strahlen? Siehe da: Sie funkelt wie ein Stern am Himmel.
„Die Leitungsbrücke X", erklärt jetzt Schnuppe, „verlängert nur den Leitungsweg, tut aber ansonsten nichts. Man kann auch sagen: Die Brücke ist der Schaltung völlig schnuppe", ergänzt er und lacht.





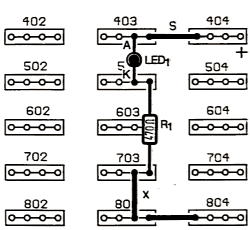
Roberts Notizblock

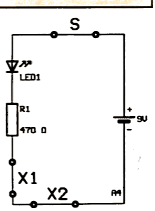
Eine zusätzliche Leitungsbrücke verändert die Funktion einer Schaltung nicht.

Über viele Brücken mußt du geh'n

„Na, gut: zwei Brücken", grübelt M-3, „beeinflussen die Schaltung nicht. Was passiert aber, wenn wir – wie in unserem allerersten Versuch – mehrere dieser Drahtbrücken in die Steckplatte einbringen?"
„Probieren geht bekanntlicherweise weit über studieren", weiß Schnuppe.

9 Er steckt eine Schaltung zusammen, die zwei zusätzliche Drahtbrücken enthält. Sie entspricht genau der Skizze, die rechts abgedruckt ist. Wieder muß die Ausrichtung der Leuchtdiode stimmen („K" = „Kurzes Bein").
Erneut zeigt das Leuchten unserer Leuchtdiode, daß die ganze Schaltung vom Strom durchflossen wird.
„Das demonstriert uns doch eindeutig", folgert M-3 messerscharf, „daß auch die dritte Brücke am Prinzip der Schaltung nichts ändert." Das bestätigt auch der Professor: „Selbst eine vierte, fünfte und was-weiß-ich-wievielte Leitungsbrücke bringen kein anderes Ergebnis."



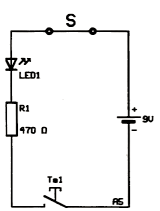


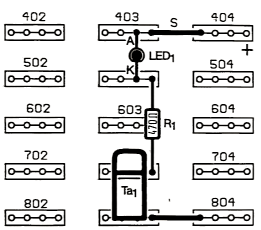
Roberts Notizblock

Mit glühenden Denkdioden schreibt sich M-3 auf: „Auch die Zahl der Drahtbrücken ist für ihre Funktion unerheblich."

Das funktioniert auf Tastendruck

Während die Freunde so diskutieren und sich völlig in die Elektronik vertiefen, nähern sie sich mit rasender Geschwindigkeit der Raumstation Electronica, die im grellen Sonnenlicht flimmert. Gerade heben sie ihren Blick, um deren unbeschreibliche Schönheit zu genießen, da flitzt eine wildgewordene Schraube, die offenbar herrenlos im All herumirrt, direkt auf das Raumschiff zu.
Schnuppe schlägt geistesgegenwärtig auf einen roten Tastschalter, die Schraube dreht – wenige Meter vor der Wand des Raumgleiters – ab und verschwindet in der Tiefe des Raums. „Das war knapp!" wischt sich Schnuppe den Schweiß von der Stirn.
„Und was", will natürlich Robert jetzt wissen, „haben Sie zur Abwehr dieser Bedrohung angestellt?" Gerne erklärt der Kapitän den Vorgang:





„Durch den Druck auf die Taste habe ich einen Stromkreis geschlossen, der einen Magneten in Aktion gesetzt hat. Und die Kraft des Magneten hat die Schraube weggeschleudert."
„Was heißt das: 'Der Tastendruck schließt einen Stromkreis'?", bohrt Robert nach. „Ein Experiment zeigt oft mehr als ungefähr tausend Worte", gibt Armstrong eine alte Erkenntnis weiter.

10 Er baut die Schaltung so zusammen, wie in der Skizze oben dargestellt. Als Ta1 nimmt er den Taster, der im Kasten liegt. Er steckt ihn so in den Aufbau, wie es die Zeichnung oben vorschreibt.
Robert drückt – wie nicht anders zu erwarten – mit seiner Greifhand sofort auf den Taster. In dem Moment leuchtet die Diode auf. Vor lauter Schreck läßt er den Taster gleich wieder los, und die Leuchtdiode verlischt.
„Na, Prinzip kapiert?" fragt Schnuppe den lernbegierigen Roboter. „Könnte es vielleicht möglicherweise sein", denkt M-3 laut nach, „daß ich durch den Druck auf die Taste einen Stromkreis geschlossen habe, so daß ein Strom die Leuchtdiode durchfließt?" Robert hat recht. „Das könnte nicht nur sein, das ist so!" bestätigt Kapitän Schnuppe. „Und wenn du losläßt, wird der Stromkreis wieder unterbrochen, und die Leuchtdiode geht aus."

„Meine Damen, meine Herren, liebe Maschinen", wird er nach einem Blick auf den Armbandcomputer förmlich, „darf ich Unbefugte bitten, das Cockpit unverzüglich zu verlassen. Wir setzen in wenigen Minuten zur Landung auf Electronica an."
„Klar", hat der Professor Verständnis, „bei dem hochkomplizierten Andockmanöver wollen wir natürlich in keinster Weise stören." Er dreht sich um, hält sich an der Tür zum Cockpit fest und katapultiert sich mit einem Ruck auf seinen Sessel zurück. Mit seinen Haftrollen am Boden festgehalten, trottet auch M-3 zu seinem Platz und schnallt sich an.
Aus dem Zentrum der ringförmigen Raumstation ragen gigantische „Arme" hervor. An einen dieser Arme muß Schnuppe nun die Eingangstür des Raumgleiters bugsieren. Bremsraketen zischen auf, das Raumschiff schlingert, gesteuert von kleineren Seitenraketen, auf den in gleißendes Licht getauchten Mittelpunkt zu. Ein Rattern, ein „Pflopp", und die Andockkrallen haben ihr Ziel gefunden. Die Tore zur Station öffnen sich langsam.
Im Raumschiff brandet der Beifall für die Crew auf. Obwohl die Reise ganz unproblematisch verlief, sind die Passagiere doch dankbar, Electronica sicher erreicht zu haben. So ein Raumflug birgt selbst heute, im Jahre 2069, noch einige Gefahren.

„Ohne Sauerstoff", doziert Professor Armstrong, „gibt's ja bekanntlich kein tierisches und kein menschliches Leben." Robert M-3 nickt und ergänzt: „Nur wir Roboter können ohne dieses Gas fröhlich durch die Gegend surren."

„Den Sauerstoff – wir Wissenschaftler sagen meist O_2 dazu und sprechen das Oh-zwei aus – lassen wir uns hier auf Electronica wie überall von Pflanzen herstellen", erläutert der Professor. „Sie produzieren mit Hilfe ihres Blattgrüns das lebenswichtige Gas als 'Nebenprodukt' ihres Wachstums. Und wo läßt man Pflanzen sinnvollerweise wachsen?" prüft er seinen neuen Assistenten. „Im Gewächshaus, ist doch klar", weiß M-3. „Genau", bestätigt Armstrong, „hier auf unserem künstlichen Mond haben wir deshalb die Abteilung 'Mars', die aus fast nichts anderem als riesig großen Äckern und Feldern besteht."

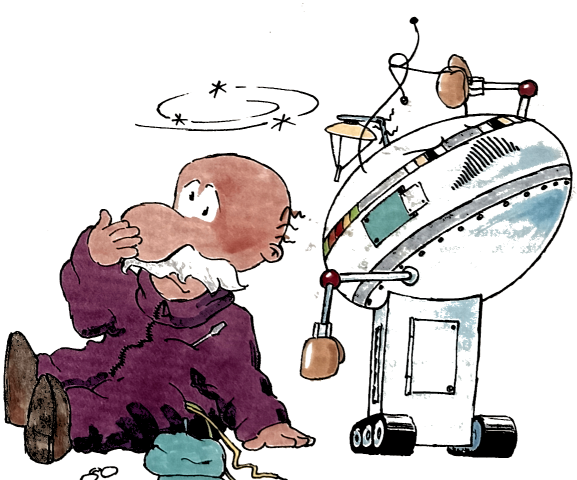
„Und die sind tatsächlich richtig saftig grün?" will Robert wissen. „So ist es", bestätigt Armstrong, „und es wird dich nicht wundern, daß uns beim Pflanzenanbau die Elektronik mal wieder unschätzbare Dienste leistet."

„Na dann, worauf warten wir eigentlich noch?" drängt M-3, „auf ins Grüne!" Der knapp über Robert schwebende Professor hat an seinem schweren Ledergürtel einen Karabinerhaken; den hängt er in die Transportschiene und flitzt schwerelos in Richtung „Mars". Robert hat Mühe, seinen Antriebscomputer auf das richtige Ziel und die richtige Geschwindigkeit einzustellen; nach ein paar hundert Metern hat er seinen Meister jedoch eingeholt. So düsen sie den Gewächshäusern entgegen: der Professor am Nahverkehrssystem baumelnd, der Roboter mit seinen Magnetrollen am Boden „klebend".

An der Eingangsschleuse zum botanischen Garten tippt Armstrong seine Codenummer ein – sie verschafft ihm Zugang zu allen Teilen der Station. Die mächtigen Tore fahren sanft auseinander, M-3 rollt hinein, Armstrong schwebt hinterher – und plumpst wie eine reife Frucht auf Robert. „Immer wieder bin ich überrascht", entschuldigt er sich beim Roboter, „wie schlagartig in den Gewächshäusern die Schwerkraft einsetzt." Robert murmelt: „Immer diese Menschen...", und ordnet seine Antennen.

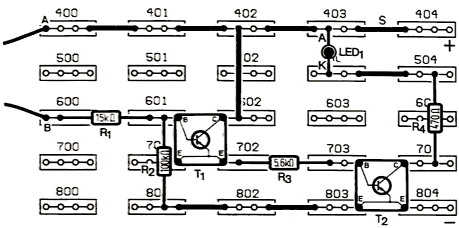
Durch den lauten, dumpfen Schlag aufmerksam geworden, eilt Obergärtner Karl Knolle herbei. „Macht doch keinen solchen Lärm", rügt der Mann mit der grünen Schürze die beiden, „Ihr erschreckt mir ja meine empfindlichen Pflänzchen! Und Sie, Herr Professor, sollten mittlerweile wirklich wissen, daß wir auf 'Mars' die Schwerkraft brauchen; die Pflanzen wüßten ja sonst gar nicht, wo unten ist, wohin sie ihre Wurzel wachsen lassen sollen."

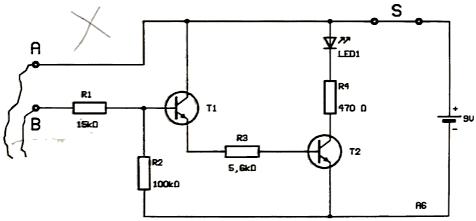
„Tschuldigung Knolle, das war doch keine Absicht", besänftigt Armstrong. „Ich wollte dir doch nur meinen Helfer M-3 vorstellen und ihm einige deiner vortrefflichen Anlagen zeigen!" Da hat er den richtigen Ton getroffen. Knolle freut sich immer, wenn sich jemand für seine harte Arbeit interessiert; sein Gesicht hellt sich auf: „Natürlich zeige ich euch gerne, was wir hier so machen!"



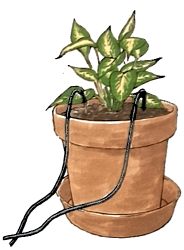
Genügend Wasser im Tank und bei den Blumen?

„Seht ihr da oben die Wassertanks?" fragt der Gärtner. „Wenn wir die nachfüllen, müssen wir fürchterlich aufpassen, daß sie nicht überlaufen." Das versteht selbst M-3: „Klar, mit dem kostbaren Naß darf man nicht verschwenderisch umgehen! Wie habt ihr das Problem gelöst?"
„Wir haben eine elektronische Schaltung aufgebaut, die uns durch das Leuchten einer Diode anzeigt, wenn der Tank fast voll ist." Er fummelt einen Schaltplan aus der Gärtnerschürze, der genauso aussieht wie die Skizze unten.





11 „Das können wir doch nachbauen!" schlägt der Professor vor und zaubert aus seiner Tasche die benötigten Bauteile. M-3 drängelt sich heran und steckt die Teile entsprechend der Zeichnung zusammen. Die beiden langen Drähte steckt er ebenfalls so hinein, wie es die Skizze vorschreibt. Dabei achtet er darauf, daß sich die beiden blanken Enden nicht berühren.
„Da tut sich ja gar nichts", zeigt er sich enttäuscht. „Siehst du", erklärt der Professor, „die Diode kann nur leuchten, wenn Strom durch sie hindurchfließt. Und Strom kann nur fließen, wenn der Stromkreis geschlossen ist." M-3 grübelt: „Klar, und der Stromkreis ist durch das 'Loch' zwischen den Enden der Drähte unterbrochen!"



12 Knolle klettert mit der Schaltung auf eine Leiter und hält die beiden Drahtenden in den Wassertank. (Man kann sie natürlich auch in ein volles Wasserglas hängen, die blanken Enden dürfen sich aber nicht berühren.

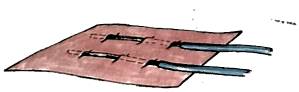
Tatsächlich leuchtet die Leuchtdiode auf. „Was ist denn jetzt passiert?" wundert sich M-3. „Stromfluß bedeutet", macht der Professor klar, „daß Elektronen fließen. Diese Teilchen sind so superwinzig, daß man sie nicht einmal mit einem Mikroskop sehen kann. Sie können nicht springen, also ein 'Loch' nicht überwinden, wohl aber können sie schwimmen." M-3 begreift: „Der Stromkreis wird also über das Wasser geschlossen!"
„Es gibt übrigens einen Versuch", mischt sich Armstrong ein, „mit dem man prüfen kann, ob die Schaltung überhaupt richtig tut."

13 Er hält die beiden blanken Drahtenden aneinander.

Die Leuchtdiode geht an und beweist, daß der Aufbau stimmt.
„Hier auf 'Mars'", kommt Knolle zur nächsten Anwendung der Schaltung, „beregnen wir die Felder natürlich vollautomatisch. Weil meine Mitarbeiter und ich aber nicht überall in der weitläufigen Abteilung sein können, haben wir ein elektronisches Kontrollgerät entwickelt; es zeigt uns, ob die Beregnungsanlage auch auf allen Feldern funktioniert." Robert will sogleich wissen, wie der Apparat aussieht.

14 „Wir fädeln die beiden Drahtenden unseres Aufbaus so in ein Stück Löschpapier, wie wir es auf der Skizze unten sehen. Sobald das Papier feucht wird, leuchtet die Diode, und wir wissen, daß beispielsweise im Sektor Q3b Regen fällt."
„Ist das da drüben ein Speziallabor?", will M-3 wissen und deutet auf einen durch Glaswände vom Riesengewächshaus abgetrennten Bau. „Du hast's erfaßt", meint Knolle, „dort züchten wir neue Pflanzen, die wir selbstverständlich besonders liebevoll pflegen. Wollt ihr's genau sehen?" Natürlich wollen sie.
Im Labor fängt M-3 plötzlich an zu zischen. „Was ist denn jetzt los?", fragt Knolle mitfühlend, „Heuschnupfen?" Robert schüttelt den Kopf: „Mitnichten. Dies ist die Roboter-Art, Freude zu zeigen. Der betörende Duft der vielen Blüten regt mein Gefühlsprogramm an!" Als er sich beruhigt hat – sein „Ssssssss" läßt nach – fällt ihm auf, daß in manchen Blumentöpfen Drähte stecken. „Was soll das?" Knolle klärt ihn auf: „Diese Pflanzen sind meine ganz besonderen Lieblinge." Er erklärt den Vorgang.

15 „In jeden einzelnen Blumentopf stekke ich die beiden Drähte unserer 'Blumenwächter-Schaltung' – wie in der Skizze links unten. Wenn die Erde zu trocken wird, geht an meinem Kontrollpult die Leuchtdiode aus – und ich weiß, daß ich meinen grünen Hätschelkindern mal wieder was zu trinken geben muß."



Die Türen werden aufgerissen; Franz Stengel und Fritz Knospe, Knolles Mitarbeiter, stürzen herein: „Im Sektor G4y ist eine Luke undicht! Sauerstoff entweicht ins All!" Knolle stülpt sich schnell seinen Notfallanzug über und eilt zur Unfallstelle. Die Luft ist schon sehr dünn geworden, deshalb schnappt sich Knolle eine kleine Sauerstoffflasche, die für diesen Zweck vorgesehen ist. In Windeseile drückt er die Dichtung der Luke wieder an ihren Ort und verschließt so das Leck. Nach 30 Sekunden geht eine bisher brennende Leuchtdiode am Armbandcomputer aus; das heißt für den Gärtner: Jetzt geht der Sauerstoff im Notfläschchen zu Ende. Er flitzt zurück.

Er wischt sich den Schweiß von der Stirn. „Habt ihr übrigens das Warnlicht gesehen?" Sie haben: „Gesehen schon, aber noch nicht verstanden."

„Also", erklärt der Obergärtner, „für solche kleinen Reparaturen, können wir nicht die Roboter-Reparaturkolonne anfordern. Also müssen wir selber ran. Ein normales Sauerstoffgerät wäre viel zu schwer. Deshalb gibt's überall kleinere Luftdepots, die aber nur für etwas mehr als 30 Sekunden reichen."

„Ach daher", geht Robert ein Licht auf, „ging Ihre Armband-Leuchtdiode nach einer halben Minute aus! Und wie", will M-3 wissen, „haben Sie die Anzeige geschaltet?"

16 Knolle zeigt ihm den Aufbau. Er sieht so aus wie die Skizze rechts.

„Er tut sich nichts", mäkelt M-3. „Klar, wir haben ja die 'Uhr' noch gar nicht angeschaltet", erklärt Armstrong.

17 Der Professor betätigt vorsichtig den Taster Ta1.

Die Leuchtdiode springt sofort an, verlischt jedoch nach 30 Sekunden wieder. „Sobald ich den Notsauerstoff aus seiner Halterung nehme", erläutert Knolle, „starte ich die Kurzzeituhr."

Professor Armstrong schaut sich den Aufbau genau an: „Nach kleinen Umbauten können wir mit diesem Gerät auch kürzere Zeiten messen."

18 Er nimmt den 100-kΩ-Widerstand R1 (braun-schwarz-gelb) heraus und steckt an seine Stelle einen mit 33 kΩ (orange-orange-orange).

Nach Tastendruck strahlt die Leuchtdiode für etwa 10 Sekunden. „Noch eine andere Version gefällig?" bietet Armstrong an.

19 Als R1 nimmt er nun wieder den 100-kΩ-Widerstand (braun-schwarz-gelb); der 100-µF-Kondensator C1 wird durch einen Kondensator mit 10 µF ersetzt.

Jetzt springt die Leuchtdiode nur rund 3 Sekunden lang an und verlischt dann wieder.

„Meine akustischen Sensoren geben mir soeben Geräusche durch, die ich für Hühnergegacker halte", meldet M-3. „Jaja", bestätigt Knolle, „die Viecher von Sepp Wurzel, unserem Ökobauern. Wir haben ihm gestattet, auf einem Teil unserer Gewächshausfläche Hühner zu halten. Kommt, wir gehen mal zu Wurzel hinüber!"

„Grüß Gott", hält ihnen Sepp seine Pranke entgegen." Was er denn hier so treibe, will der Professor wissen. „Sehen Sie", antwortet Wurzel, „meine glücklichen Hühner legen wohlschmekkende Eier, die auf Electronica sehr gefragt sind."

„Aber ich befasse mich nicht nur mit Hühnern", fährt Sepp fort, „sondern auch mit Elektronik. Wenn mir die Leute aus der Zentrale Eier abkaufen, biete ich ihnen außerdem die zugehörige elektronische Eieruhr an." Das macht Robert natürlich neugierig: „Und wie sieht die aus?"

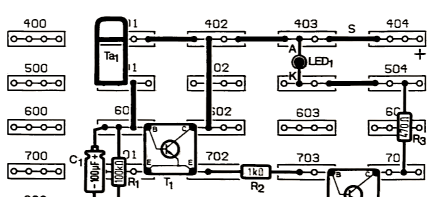
20 Das Gerät besitzt fast die gleiche Schaltung wie die anderen Apparate auf dieser Doppelseite. Der Kondensator C1 hat 10 µF, R1 fehlt völlig.

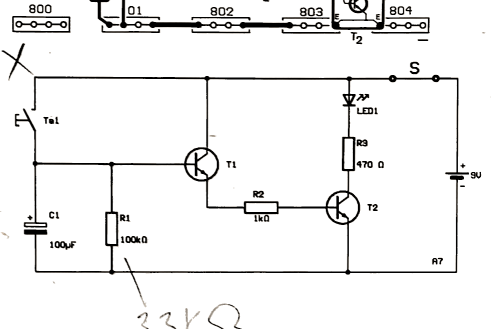
Nach Tastendruck leuchtet die Diode für rund drei Minuten – eben so lange, wie ein Frühstücksei braucht, um wachsweich zu werden – verliert dann an Leuchtkraft und geht dann ganz aus.

„Abends lese ich noch gerne im Bett", gesteht Wurzel, „meist die Fachzeitschrift 'Natur im All'. Nach der harten Arbeit schlafe ich aber gelegentlich auch darüber ein. Weil ich keine Energie verschwenden will, habe ich eine Schaltung gebaut, die nach einer halben bis einer ganzen Stunde die Nachttischlampe ausgehen läßt."

21 Wurzel nimmt die „Eieruhr", verwendet als C1 einen Kondensator mit 100 µF und ersetzt den 1-kΩ-Widerstand R2 durch einen mit 33 kΩ (orange-orange-orange).

Nach Tastendruck spendet die Diode tatsächlich eine halbe bis eine ganze Stunde lang Licht.





Bei der Spannung wird's spannend

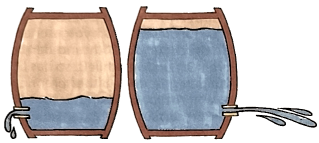
Roberts Notizblock

M-3 notiert, was ihm Armstrong zum Thema Spannungsmessung mitteilt. „Spannung kann man messen, und zwar in 'Volt' (Abkürzung 'V'), so benannt zu Ehren des italienischen Physikers Alessandro Volta (geboren 1745, gestorben 1827). Viele Haushaltsgeräte werden mit 220 Volt betrieben (Aufschrift: '220 V'). Unsere Batterie hat im frischen Zustand 9 Volt (Aufschrift '9 V').“

„Ich sehe gerade“, entdeckt Professor Armstrong, „daß Sie Ihren Hühnerhof auch bewässern.“ Wurzel kann das nur bestätigen: „Ich pumpe das Wasser in Tanks, die in zwei verschiedenen Höhen angebracht sind. Soll das Wasser nur ein bißchen herausrieseln, dann öffne ich das Ventil des unteren Tanks; wenn das Naß richtig herunterprasseln soll, dann benutze ich den oberen Tank.“

„Oh prima, damit haben wir einen schönen Vergleich für die elektrische Spannung“, hakt Armstrong ein. „Wie meinen?“ bohrt M-3. „Also gut“, beginnt der Professor seine etwas ausführlichere Erklärung. „Für einen Stromfluß benötigen wir zweierlei: einen geschlossenen Stromkreis und eine elektrische Spannung. Sie treibt sozusagen die Elektronen durch die Leitung und die Bauteile. Man kann sie sich als eine Art Elektronenpumpe vorstellen, die in der Batterie steckt.“

„Was hat das mit Wurzels Wassertanks zu tun?“ M-3 versteht nicht, worauf Armstrong hinaus will. „Es gibt verschiedene Spannungen, hohe und niedrige. Bei niederer Spannung fließen wenige Elektronen, bei hoher dagegen viele. Das Wasser in den oberen Tanks hat sozusagen eine hohe 'Spannung' und klatscht deshalb mächtig herunter. Das Wasser in den unteren Tanks hingegen besitzt geringe 'Spannung' und plätschert nur heraus. Der Höhenunterschied steht also für die Spannungshöhe.“



Widerstand stört den Stromfluß

Roberts Notizblock

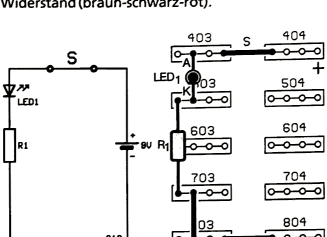
„Widerstände mißt man üblicherweise in 'Ohm'. Diese Bezeichnung wird mit dem griechischen Buchstaben 'Ω' (Omega) abgekürzt. Das 'Ohm' verdankt seinen Namen dem deutschen Physiker Georg Ohm (1789-1854), der wichtige elektrische Gesetze entdeckt hat. 1000 Ohm sind 1 Kilo-Ohm (abgekürzt kΩ) – ein Kilo-Gramm besteht ja auch aus 1000 Gramm. In Schaltplänen verwendet man für Widerstände das Schaltzeichen, das unten abgebildet ist.“

„Was Spannung ist“, meint Robert, „habe ich jetzt so weit begriffen. Aber da geistert immer wieder ein weiterer Begriff herum, der mir noch nicht klar ist: Widerstand.“

Armstrong freut sich über die Wißbegierde seines Assistenten: „Stellen wir uns nochmal die Pumpe (Batterie) vor. Wenn man an irgeneiner Stelle des Wasserrohrs (Leitung) ein Hindernis, zum Beispiel einen Schwamm einsetzt, so wird der den Wasserdurchfluß behindern. Er wirkt als Widerstand. Ein elektrischer Widerstand ist natürlich kein Schwamm, sondern ein Bauteil, das dem Strom Widerstand entgegensetzt.“

„Haben Sie dafür womöglich auch einen Versuch auf Lager?“ fragt M-3, dem praktische Anschauung über alles geht. „Aber sicher!“

22 Der Professor baut den einfachen Stromkreis entsprechend der Bauanleitung unten auf. Als R1 nimmt er einen 1-kΩ-Widerstand (braun-schwarz-rot).



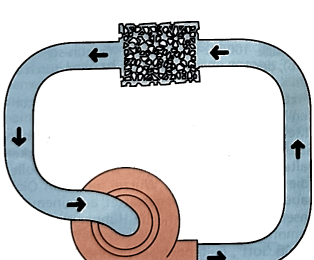
Was passiert? Die Leuchtdiode leuchtet schön hell.

23 Dann ersetzt Armstrong den 1-kΩ-Widerstand durch einen mit 3,3 kΩ (orange-orange-rot).

In diesem Fall strahlt die Leuchtdiode wesentlich schwächer.

24 Schließlich verwendet der Professor als R1 einen Widerstand mit 15 kΩ (braun-grün-orange).

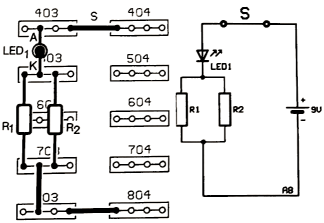
Das Leuchten der Diode ist nun kaum mehr erkennbar, denn der recht hohe Widerstand setzt dem Stromfluß, der ja für die Leuchtkraft zuständig ist, sehr viel Widerstand entgegen.

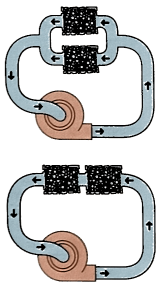


Wenn Widerstände nebeneinander liegen

„In manchen Schaltungen verwenden wir ja", fährt Armstrong fort, „mehr als einen Widerstand. Ob der gemeinsame Widerstandswert höher oder niedriger ist als die Summe ihrer Einzelwerte, hängt davon ab, wie wir sie schalten. Nehmen wir zuerst Aufbauten, in denen die Widerstände nebeneinander geschaltet sind. Die Experten nennen dies 'Parallelschaltung'."

25 Er baut die Schaltung entsprechend der Abbildung rechts auf. Als R1 steckt er einen Widerstand mit 3,3 kΩ (orange-orange-rot), als R2 einen mit 5,6 kΩ (grün-blau-rot).
Die Leuchtdiode gibt immerhin etwas Licht ab, obwohl beide Einzelwiderstände ziemlich hohe Werte haben. Es fließt also genügend Strom, um die Leuchtdiode zu betreiben; der Strom kann auf zwei verschiedenen Wegen „marschieren". Ergebnis: Der Gesamtwiderstand der beiden Widerstände ist geringer als der jedes einzelnen.
Um sich den Vorgang klar zu machen, hilft die Skizze mit dem Wasserkreislauf und den beiden Schwämmen" in der Rohrleitung (rechts).





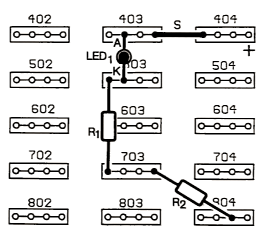
26 Nun verwendet Armstrong als R2 einen Widerstand mit 1 kΩ (braun-schwarz-rot), R1 läßt er unangetastet.
Die Diode strahlt ziemlich hell, denn der Gesamtwiderstandswert der beiden Widerstände ist geringer als beim vorherigen Versuch.

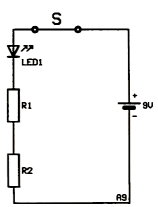
Ein Widerstand nach dem andern

„Was passiert aber", fragt M-3 nach, „wenn wir die Widerstände hintereinander schalten?"

27 Statt einer Antwort bastelt der Professor eine Schaltung zusammen, in der zwei Widerstände hintereinander liegen (siehe Aufbauzeichnung rechts). R1 hat 470 Ω (gelb-violett-braun), R2 1 kΩ (braun-schwarz-rot).
Die Diode leuchtet nur schwach, denn der Strom muß sich nach dem ersten auch noch durch den zweiten Widerstand „hindurchzwängen". Elektroniker sagen: Beim Hintereinanderschalten von Widerständen addieren sich die Einzelwiderstände zum Gesamtwiderstand. In diesem Falle heißt das: Der Gesamtwiderstand von R1 und R2 beträgt 470 Ω + 1000 Ω = 1470 Ω.

28 M-3 läßt R1 in der Schaltung, R2 ersetzt er durch eine Drahtbrücke.
Die Diode leuchtet heller, weil die Drahtbrücke S dem Strom fast keinen Widerstand entgegensetzt; ihr Widerstandswert beträgt praktisch 0 Ω.





29 Jetzt nimmt der Profesor den Widerstand R1 ganz heraus.
Die Schaltung weist jetzt ein „Loch" auf, der Widerstand ist sozusagen unendlich hoch. Deshalb leuchtet die Diode nicht.

Leuchtende Farben zeigen den Widerstandswert

„Was ich an Widerständen echt stark finde", beteiligt sich nun Wurzel wieder am Gespräch, „das ist, daß sie ihren Wert in so schönen Farben zeigen." Das versteht Robert nicht sofort. „Man muß", erklärt Sepp, „nur den Widerstand so halten, daß der goldene oder silberne Ring rechts liegt. Die Farben der anderen Ringe lassen dann eindeutig erkennen, welchen Widerstand wir vor uns haben. Dabei stehen der linke und der mittlere Ring jeweils für einen Zahlenwert, während der rechte Ring zeigt, wie viele Nullen man an diese Zahl anhängen muß."
„Alle diese Farben soll ich mir merken können?" ist M-3 skeptisch. „Irgendwann einmal weißt du sie auswendig", tröstet ihn Wurzel, „bis dahin schaust du einfach auf die Widerstandstabelle, die auf der Rückseite dieses Buches abgedruckt ist."

Die Abteilung „Uranus": Weltraum-Werkstatt

„Tja, liebe Freunde", meint Sirius Armstrong, „Ihr habt uns wichtige und schöne Dinge gezeigt. Aber jeder Besuch geht mal zu Ende – ich möchte schließlich meinem Assistenten unsere ganze Station Electronica zeigen." Artig bedankt sich auch Robert M-3 bei Knolle und Wurzel, indem er ihnen mit seiner Greifhand auf die Schulter klopft. Ein leichtes Rattern aus seiner Gefühlskarte zeigt dem Eingeweihten seine Dankbarkeit.

Hinter der Schleuse macht Armstrong eine unbedachte Bewegung – und hüpft mit einem Riesensatz an die Decke. Dort schlägt er sich gewaltig den Kopf an. „Na, Meister", meint M-3 vorlaut, „wieder nicht dran gedacht, daß wir in den Gängen keine Schwerkraft haben?"

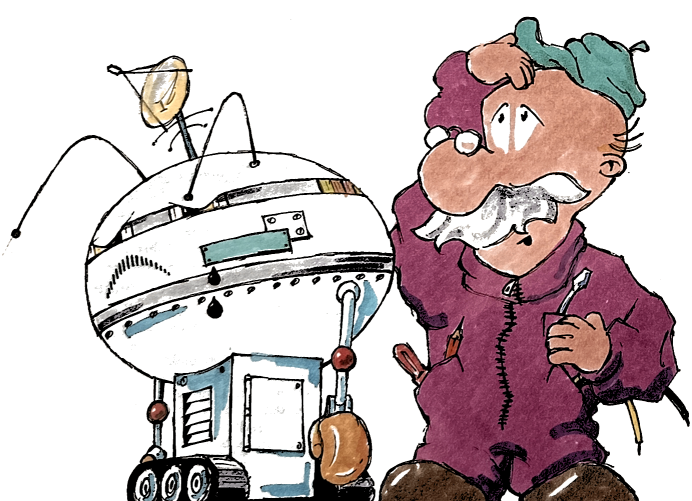
„Roboter, unverschämter", murmelt der Professor, hängt seinen Karabinerhaken in die Transportschiene und entschwebt Richtung „Uranus", der nächsten Abteilung, die er M-3 zeigen will. Erst ein paar Minuten nach Armstrong kommt M-3 an. „Bist du die Strecke etwa rückwärts gefahren", spottet der Professor und rächt sich so ein bißchen für die freche Äußerung von vorher. Da fällt es ihm auf: M-3 sieht schlecht aus. Die Antennen hängen schlaff herunter, die optischen Sensoren, die Roboteraugen, wirken stumpf. „Was ist denn mit dir los?"

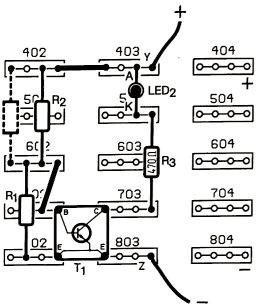
„Och, nichts", wiegelt Robert ab, „ich fühle mich nur ein wenig ausgebrannt." Armstrong weiß Rat: „Da sind wir ja zur richtigen Zeit am richtigen Ort. Wir stehen nämlich gerade vor der Abteilung 'Uranus', unserer Weltraum-Werkstatt. Hier werden Satelliten, Raumgleiter und Raketen geprüft und repariert. Außerdem gibt's hier eine Roboter-Checkanlage." Matt fragt M-3: „Eine wawas?"

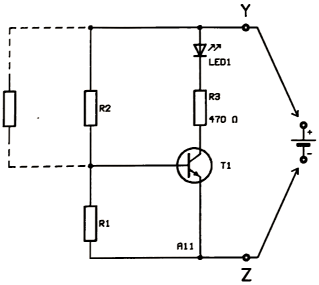
„Ja, hier arbeiten auch die 'Roboter-Doktoren'", weiß Armstrong. „Die bringen jeden Robo wieder auf die Rollen!" Mühevoll schleppt sich M-3 in die Abteilung. Der Abteilungsleiter, der Chefarzt sozusagen, ist kaum zu übersehen. Nicht nur die herumwuselnden Roboter, die ja kaum höher als einen Meter sind, überragt er, sondern auch die menschlichen Mitarbeiter.

„Seid mir gegrüßt, die Ihr einen Defekt habt, den ich beheben kann", läßt er seinen Baß erschallen. „Gestatten, Manfred Panne, und mein Motto lautet: Hast 'ne Panne, geh zu Manne!" stellt er sich M-3 vor. Armstrong kennt ihn schon lange: Sie haben zusammen auf der Intergalaktischen Hochschule studiert. „Hallo, Manne", schüttelt ihm er Professor herzlich die Hand, „gut, dich zu sehen. Kannst du mal einen Blick auf meinen Assistenten werfen?"

Er beugt sich zu M-3 hinunter: „Der kommt ja tatsächlich auf dem letzten Ampere daher." M-3 stottert nur noch „Strostrostrom!". Seine Kontrolldioden flackern verdächtig. „Na, dann woll'n wir mal", meint Panne, krempelt die Ärmel hoch und holt einen Schraubenzieher aus der Tasche seiner weißen Jacke.







Roberts Notizblock

Niemals eine Batterie mit einem Kabel kurzschließen (Skizze A). Sie wird warm und ist in Windeseile leer.
Niemals eine Leuchtdiode ohne Widerstand betreiben (Skizze B). Die Leuchtdiode geht sonst kaputt.
So ist es richtig: Skizze C.

„Ich muß schnell mal einen Batterieprüfer zusammenbauen", teilt Panne mit.

30 Sein Gerät sieht aus wie die Zeichnung oben. Zum Test der ins Schaltpult eingebauten Batterie verbindet man durch Drahtbrücken „+" mit Y und „-" mit Z. Bei losen Batterien erfolgt der Anschluß des Plus-Pols der zu testenden Batterie an den Punkt Y der Schaltung und der des Minus-Pols an Punkt Z.
Panne hängt M-3 an die interelectronicalische Stromversorgung und baut seine wiederaufladbaren Batterien, die sogenannten Akkus, aus. Er schließt sie an den Batterieprüfer an.

31 Für den ersten Test verwendet Panne als R1 einen Widerstand mit 1 kΩ (braun-schwarz-rot) und als R2 einen mit 5,6 kΩ (grün-blau-rot).
Roberts Akku sorgt dafür, daß die Diode immerhin schwach leuchtet. „Na, ganz so schlimm ist's noch nicht", kann Panne beruhigen. „Dieser Aufbau ist so angelegt, daß die Diode leuchtet, wenn die Batterie noch mehr als 4,5 V Spannung liefert, also noch nicht ganz leer ist."
„Moment", fährt der Roboterdoktor fort, „gleich wissen wir mehr."

32 Als R1 nimmt er nun einen 470-Ω-Widerstand (gelb-violett-braun), als R2 steckt er nebeneinander, also „parallel", einen Widerstand mit 5,6 kΩ (grün-blau-rot) und einen mit 15 kΩ (braun-grün-orange); sein Platz in der Schaltung ist auf der Skizze oben gestrichelt eingezeichnet.
Als Panne Roberts Akku anschließt, tut sich gar nichts. „Daraus ist zu schließen", teilt er mit, „daß die Batterie weniger als 6 V hat, also fast leer ist."
„Und so", beschließt Panne seine Ausführungen, „sieht das Ganze aus, wenn eine Batterie wirklich noch taufrisch ist."

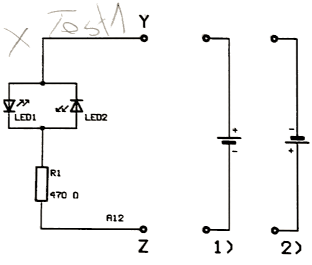
33 Als R1 kommt jetzt ein 470-Ω-Widerstand (gelb-violett-braun) zum Einsatz, als R2 einer mit 5,6 kΩ (grün-blau-rot).
Nur wenn Panne eine Batterie an den Apparat hält, die mehr als 7,5 V Spannung bringt, strahlt die Leuchtdiode.
„Unsere Elektroautos", teilt der Obermechaniker mit, „laufen mit 12-V-Batterien. Auch für sie haben wir ein Testgerät gebaut."

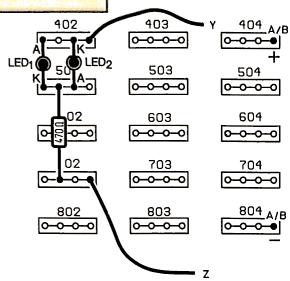
34 Dieser Apparat beruht auf der gleichen Schaltung wie die bisherigen. Nur wird dafür als R1 ein Widerstand mit 1 kΩ (braun-schwarz-rot) und als R2 einer mit 15 kΩ (braun-grün-orange) eingebaut.
Nur dann, wenn eine 12-V-Batterie wirklich voll ist, leuchtet die Diode.
„Na, jetzt wissen wir wenigstens, wie wir M-3 helfen können", freut sich Armstrong.

Wo ist Plus, wo ist Minus?

Roberts Notizblock

An welchem Anschluß einer Batterie sind denn nun die Elektronen? Armstrongs Antwort lautet: „Da die Elektronen negativ geladen (minus) sind, halten sie sich natürlich am Minus-Pol der Batterie auf, während am Plus-Pol Elektronenmangel herrscht. Laß dich übrigens nicht durch den Gedanken verwirren, daß Mangel etwas Negatives (minus) sein sollte. Es gilt die Regel: Minus-Elektronen (negative Ladung) kommen vom Minus-Pol (negativen Pol) der Batterie und fließen durch den Stromkreis zum Plus-Pol der Batterie zurück."



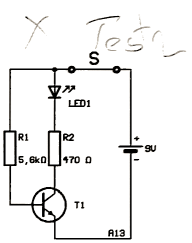


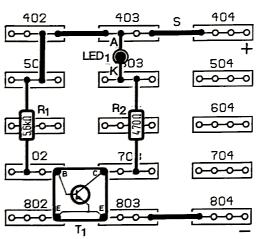
„Zuerst", regt Panne an, „müssen wir nachschauen, ob unser Freund richtig gepolt ist." Dazu schließt er Roberts Akku an ein Gerät an. „Also gut, immerhin stimmt seine Polung." Da muß Armstrong nachhaken: „Woher weißt du das? Und vor allem: Was ist das für ein Gerät?"
„Ganz einfach", antwortet Manne Panne, „das ist ein Polaritätstester." Er hält ihm ein Blatt unter die Nase. Die Skizze sieht genau so aus wie der Plan oben.

35 Panne hält die Batterie so an die Schaltung, wie es Teil 1 der Skizze zeigt: Der Draht führt vom Plus-Pol der Batterie zum Punkt Y und der Draht vom Minus-Pol zum Punkt Z. Soll die eingebaute Batterie getestet werden, dann verbindet man die Steckfedern 403 und 404 sowie 803 und 804 mit Drahtbrücken.
Die rote Leuchtdiode geht an.

36 Nun schließt er die Batterie entsprechend Teil 2 der Skizze an; dadurch wird der Minus-Pol mit Punkt Y und der Plus-Pol mit Punkt Z des Aufbaus verbunden. Zum Test der internen Batterie verfährt man wie beim vorhergehenden Versuch.
Jetzt leuchtet die grüne Leuchtdiode.
Der Roboterdoktor erklärt: „Wenn wir nicht wissen, welcher Pol der Batterie Plus und welcher Minus ist, dann stöpseln wir einfach die Batterie an das Gerät; je nachdem, welche Diode anspringt, wissen wir, wo Plus und wo Minus stecken."

Funktionieren die Transistoren?



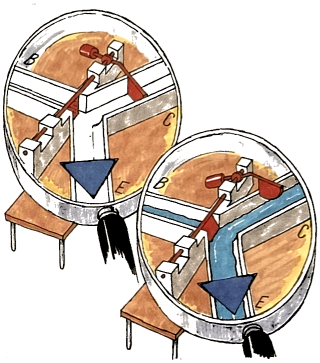


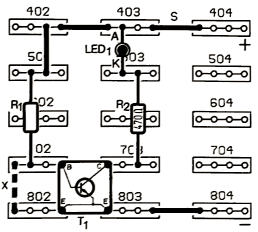
„Jetzt wissen wir aber immer noch nicht", bedauert der Professor, was unserem lieben Robert fehlt." Zum Glück hat der erfahrene Mechaniker einen Verdacht: „Es könnte an den Transistoren liegen!"

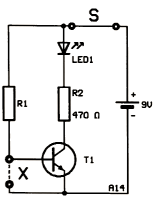
37 Er baut einen Transistorprüfer zusammen, wie es das Aufbaubild oben vorgibt.
Ist der Transistor in Ordnung, dann wird die Diode leuchten. Strahlt sie nicht, dann muß der Transistor ausgetauscht werden.

38 Für einen zweiten Test zieht Panne den Basiswiderstand R1 schlicht und einfach heraus.
Leuchtet die Diode nicht, dann ist alles in Ordnung, strahlt sie doch, dann leitet der Transistor auch ohne Basisstrom – was er gar nicht darf.
Bereits der dritte Transistor Roberts bringt die Diode nicht zum Leuchten. „Da haben wir ja schon den Defekt!" freut sich der Professor. „Wegen dieses mickrigen Bauteils hat Robert zu viel Strom verbraucht." Der Obermechaniker baut auch gleich das Ersatzteil ein. Währenddessen lädt Armstrong den Akku von M-3 auf.
„Ich bin überglücklich", strahlt Robert. „Die Rechnung geht an die Roboter-Krankenkasse", flachst Panne.
„Ach übrigens", will M-3 wissen, „Sie sagen, bei mir sei ein Transistor kaputt gewesen. Was bitte ist ein Transistor überhaupt?"
„Das ist eine vorzügliche Frage", lobt Armstrong „Wir werden sie gleich klären."

„Ein Transistor", nimmt Armstrong Roberts Frage auf, „verstärkt Strom; wir können uns seine Funktion anhand eines Wassermodells mit zwei gekoppelten Sperrklappen vorstellen." Auf einem Zettel sind zwei Skizzen abgebildet, die gleichen wie unten. „Das obere Bild zeigt, was läuft, wenn nichts läuft: Über den Zufluß B kommt kein Wasser. Dadurch bleibt die große, halbrunde Klappe beim Zufluß C geschlossen."







39 Armstrong steckt den ersten Transistorversuch entsprechend der Aufbauskizze rechts oben zusammen. Als R1 verwendet er einen Widerstand mit 15 kΩ (braungrün-orange).
Am Leuchten der Diode ist zu erkennen, daß durch die Diode und den Widerstand R2 ein Strom vom Kollektor C zum Emitter E fließt. „Allgemein," erläutert der Professor, „heißt das: Liegt die Basis eines Transistors über einen Widerstand am Plus-Pol der Batterie, dann kann vom Kollektor zum Emitter Strom fließen. Eins muß ich anfügen: Es ist sehr wichtig, daß vor der Basis ein Widerstand hängt. Er verhindert, daß der Basisstrom zu groß wird. Zu starke Basisströme zerstören nämlich den Transistor!"

40 Der Professor zieht R1 heraus und steckt die in der Aufbauskizze gestrichelt gezeichnete Drahtbrücke in die Zeichnung. „Da passiert nichts", erkennt M-3. „Ist auch kein Wunder", bemerkt Armstrong. „Die Basis des Transistors ist mit dem Minus-Pol der Batterie verbunden. Es fließt kein Basisstrom, also gibt's auch keinen Strom vom Kollektor zum Emitter. Die Leuchtdiode muß also dunkel bleiben."
„Bisher wird aber nichts verstärkt", mault M-3, „außer meiner Unwissenheit." Armstromg zeigt auf das untere Bild: „Jetzt läuft Wasser in den Zufluß B hinein; das drückt gegen die kleine Klappe, die über einen Hebel mit der großen, halbrunden Klappe verbunden ist. Die große Klappe wird durch die kleine Klappe angehoben, und siehe da: Das kleine Rinnsal bei B bewirkt, daß von C ein kräftiger Wasserstrom nach E fließt."
„Ähm", grübelt M-3, „im Transistor gibt's keine Schleusen." Armstrong schüttelt den Kopf: „Das Bild von den Schleusen ist ein Modell, damit man sich die Funktion besser vorstellen kann."
„Ich möchte dazu ein paar Experimente machen", wünscht sich M-3. „Aber gerne!"
„Sehe ich das richtig", folgert Robert: „Weil kein Basisstrom fließt, brauchen wir auch keinen Schutzwiderstand im Basiskanal." Armstrong freut sich . „Du hast's erfaßt."

41 Jetzt zieht der Professor die eben eingesetzte Drahtbrücke wieder heraus. Auch dieses Mal wird die Diode nicht leuchten, denn die Basis hängt in der Luft, bekommt von nirgendwoher Strom, um die Basisklappe zu öffnen.
„Die 15 kΩ", denkt M-3 nach, „die wir im Versuch 39 als R1 genommen haben, sind schon verdammt viel. Funktioniert unser Stromverstärker auch mit noch höheren Basiswiderständen?"

42 „Das probieren wir aus." Armstrong steckt als R1 einen Widerstand mit 33 kΩ (orange-orange-orange) in die Schaltung.
Die Diode springt an, denn bereits der winzige Strom, der den Widerstand passieren kann, reicht als Basisstrom aus, um auf der Kollektor-Emitter-Strecke Strom fließen zu lassen.

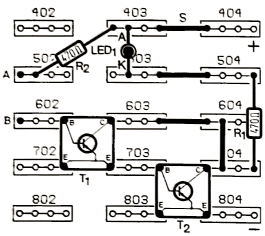
43 „Jetzt wird's extrem", kündigt der Professor an und steckt als R1 einen 220-kΩ-Widerstand (rot-rot-gelb) in den Aufbau. Das Leuchten der Diode zeigt an, daß auch in diesem Fall genügend Basisstrom zu Verfügung steht.
„Den letzten Versuch zu diesem Thema", bedauert Armstrong, „kannst du nicht machen. Deine metallenen Greifhände sind dazu ungeeignet."

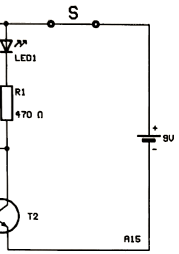
44 Der Professor zieht R1 heraus, feuchtet seine Finger an und faßt mit Daumen und Zeigefinger an die Steckfedern, in denen R1 gesteckt hat.
Die Diode leuchtet. „Meine Hände", erklärt er, „haben gewiß einen hohen Widerstandswert. Trotzdem fließt ausreichend Strom in die Basis, um den Transistor leitend zu machen."

Roberts Notizblock

„Jeder Transistor besitzt drei 'Beine' das zeigt ein Blick auf unser Transistormodul. Am Modul sind allerdings vier Anschlußstifte zu erkennen: Eines der Transistorbeine hat Verbindung zu zwei Anschlußstiften.
Auf dem Modul stehen die Buchstaben B, C und E. B ist die Abkürzung für Basis, C steht für Kollektor, und E bezeichnet den Emitter. Dies sind die drei Anschlüsse eines Transistors. Man findet sie auch wieder in der Zeichnung des Schleusenmodells."

Die Sensortaste ist ganz schön empfindlich





Die Türen zur Werkstattabteilung werden von außen aufgeschoben. Zwei Roboter tragen einen weiteren Roboter herein, dem es schlecht zu gehen scheint. Panne klopft vorsichtig den eisernen Körper ab. Plötzlich holt er mit seiner Pratze aus und schlägt dem armen Roboter heftig auf den Rücken.

„Meine Diagnose war gleich klar", meint Panne: „Kontaktschwierigkeiten an den Sensortasten. Und da hilft oft nur eine Schocktherapie."

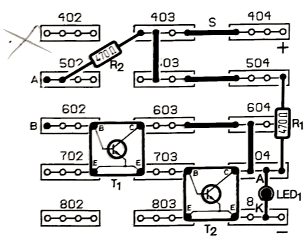
M-3 fragt: „Was ist eigentlich eine Sensortaste?" Armstrong schaltet sich ein: „Eine Sensortaste ist nichts anderes als ein Schalter. Allerdings muß man bei ihr keinen Hebel oder Schalter umlegen; es reicht, sie leicht zu berühren, und schon läuft das entsprechende Gerät"

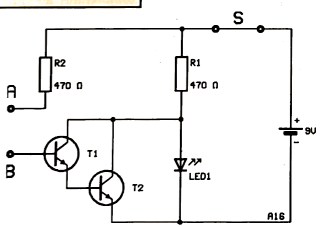
„Halt", unterbricht Panne, „wir zeigen das jetzt einfach mal an einem Beispiel."

45 Er baut eine Schaltung mit einer Sensortaste zusammen. Sie sieht aus wie der Aufbau oben. Der Professor berührt mit einem trockenen Finger den Punkt A des Geräts, mit einem anderen, ebenfalls trockenen Finger der gleichen Hand Punkt B.

Die Leuchtdiode springt an. „Schau dir doch bitte nochmals den Schaltplan an", fordert Armstrong Robert auf. „Du erkennst sicher, wie der Strom fließt." M-3 grübelt lange nach und verkündet dann stolz: „Über Ihren Finger fließt ein winziger Strom in die Basis des Transistors T1. Der verstärkt den Strom. Weil aber sein Emitter direkt auf die Basis von T2 geschaltet ist, wirkt der Emitterstrom von T1 als Basisstrom von T2. Der Strom wird in ihm erneut verstärkt, und der verstärkte Strom reicht aus, um die Leuchtdiode zu betreiben."

Ein „Hauch" genügt, um die Diode zu löschen





„Laß uns doch gleich noch ein Experiment machen", schlägt Armstrong vor. „Und wenn du auch das erklären kannst, wirst du zum Transistorspezialisten ernannt."

46 Er baut eine zweite Sensorschaltung auf, wie es die Abbildung zeigt.

Die Diode leuchtet, geht aber sofort aus, wenn der Professor die Punkte A und B so berührt, wie er es beim letzten Versuch gemacht hat.

„Na, wo bleibt deine Erklärung?" fordert der Professor seinen Assistenten heraus. „Solange Sie ihre Finger nicht im Spiel haben", versucht es M-3, „fließt Strom über R1 und die Leuchtdiode. Die Diode gibt also Licht ab. Sobald Sie A und B berühren, kommt etwas Strom in die Basis von T1 und wird verstärkt. Wie in der letzten Schaltung wandert der Emitterstrom von T1 direkt in die Basis von T2 und erfährt eine erneute Verstärkung. Oder anders gesagt: Der Strom muß sich nicht mehr durch die Diode quälen, sondern fließt eleganter über T2. Die Diode bleibt dunkel."

Obermechniker Panne will sein Werkzeug in die Brusttasche stopfen, da stößt ihn M-3 unabsichtlich an. Alles, was Manne gerade eingesteckt hat – und noch viel, viel mehr – quillt aus der „Wundertüte". Natürlich fällt das ganze Zeug nicht auf den Boden, es herrscht ja Schwerelosigkeit; alles schwebt im Raum. „Oh, Entschuldigung", murmelt Robert, „wie ungeschickt von mir."

„Kann ja mal vorkommen", meint Panne. Hilfst du mir beim Einsammeln?" Der hilfsbereite Roboter bejaht. Und so fassen seine Greifer Schraubenzieher und Hammer, Schieblehre und Taschencomputer, Widerstände und Transistoren, Batterien und... „Was ist denn das für ein seltsames Teil?" wundert sich M-3 über ein kleines, rundes, dickes Etwas mit zwei Beinen, das er eben aus der Luft gegrabscht hat. „Das", erläutert Panne, „ist ein Kondensator. Wir haben ihn schon ein paar Mal verwendet, aber nie so genau gefragt, was es mit ihm eigentlich auf sich hat."

„Und was hat es mit ihm auf sich?" will Robert wissen. „Gut, daß du fragst", freut sich Panne. „Also, ein Kondensator besteht eigentlich aus zwei Metallplatten, die sich mit einem Abstand gegenüberstehen. Elektronen können den Spalt nicht überspringen, und deshalb fließt durch den Kondensator kein Strom. Wenn man eine Spannung anlegt, tritt ein anderer Effekt ein: Auf der einen Platte des Kondensators versammeln sich jede Menge Elektronen, während es auf der anderen immer weniger werden. Hängt man in dem Moment den Kondensator von der Spannungsquelle ab, dann bleibt dieser Zustand erhalten: Der Kondensator wirkt wie eine (allerdings sehr kurzlebige) Batterie."

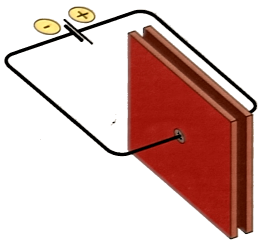
„Der Kondensator", bohrt M-3 nach, „trägt an der einen Seite ein Plus-Zeichen und an der anderen ein Minus-Zeichen. Außerdem hat er an der Plus-Seite eine Einkerbung. Was soll das?"

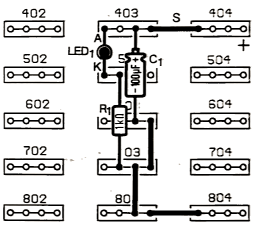
Auch hierauf weiß Panne eine Antwort: „Das ist ein spezieller Kondensator, den die Spezialisten 'Elektrolyt-Kondensator' nennen. Der Name ist selbst den Elektronikern zu kompliziert, deshalb kürzen sie ihn mit 'Elko' ab. Er muß immer richtig herum in die Schaltung gesteckt werden, also Plus zu Plus und Minus zu Minus. Unsere Aufbauskizzen zeigen immer, welche Richtung die richtige ist."

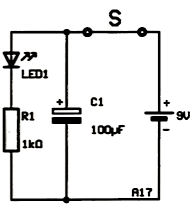
„Sie haben in ihrer Erklärung von Platten gesprochen. Wo sind denn bei dem runden Teil die Platten?" fragt Robert. „Um Platz zu sparen", erläutert Panne, „nimmt man bei vielen Kondensatoren keine Platten, sondern hauchdünne Metallfolien, zwischen denen ebenso dünne Isolierschichten liegen. Diese Folienlagenlagen wickelt man einfach zu einer Rolle auf."

„Ich möchte die Funktion eines Kondensators noch einmal zusammenfassen", mischt sich Armstrong wieder ein: „Der Kondensator ist ein Elektronenspeicher. Wenn er leer (entladen) ist und man eine Spannung an seine Anschlüsse legt, fließt ein Strom (also Elektronen) in ihn hinein, bis er voll (geladen) ist; das können je nach Fassungsvermögen (Kapazität) sehr viele oder nur wenige Elektronen sein. Im vollen Zustand bewegt sich am und im Kondensator überhaupt nichts mehr, kein Strom fließt – der Kondensator wirkt wie eine Sperre, nichts kann von einer Metallfolie zur nächsten überspringen."

„Wenn man die Spannungsquelle vom geladenen Kondensator entfernt oder den Kondensator aus der Schaltung nimmt", ergänzt Panne, „dann ist er – ähnlich einem Wassereimer – knallvoll gefüllt: natürlich nicht mit Wasser, sondern mit Elektronen. Wie eine kleine Batterie hat er einen Plus- und einen Minus-Pol."







„Und genauso, wie ich den Eimer umschütten kann und so einen Wasserstrom erzeuge", weiß M-3, „kann ich auch die Elektronen wieder freilassen, also den Kondensator entladen. Über einen Draht oder einen Widerstand oder sonst irgendetwas Leitfähiges verbinde ich die Kondensatoranschlüsse und siehe da: Es fließt solange ein elektrischer Strom, bis der Kondensator wieder leer, also entladen ist. Im übrigen bin ich der Meinung, daß das genügend Theorie war. Ich möchte endlich wieder einen Versuch machen!"

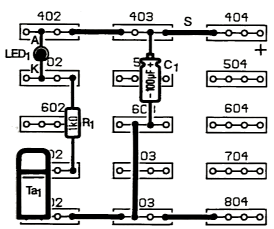
42 „Kannst du gerne haben", erwidert Armstrong und baut eine kleine Schaltung zusammen, die die Funktionsweise eines Kondensators zeigt. Sie sieht genauso aus wie der Aufbau oben. Als R1 verwendet er einen Widerstand mit 1 kΩ (braun-schwarz-rot) und als C1 einen Kondensator mit 100 µF.

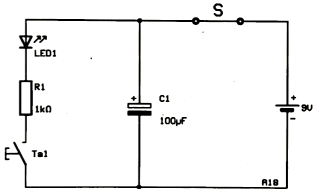
Die Leuchtdiode strahlt. Dann unterbricht Armstrong den Stromkreis, indem er die Drahtbrücke zwischen Plus-Pol der Batterie und Kondensator herauszieht. Die Diode geht nicht sofort aus, sondern glimmt noch einen Moment nach. Für diesen Augenblick wird sie gespeist von den Elektronen, die der Kondensator „aufbewahrt" hat und nach Abklemmen der Batterie abgibt.

Roberts Notizblock

Verschiedene Kondensatoren können unterschiedlich viele Elektronen speichern. Man sagt dann: Sie haben eine unterschiedliche Kapazität. Diese Kapazität mißt man in „Farad", benannt nach dem englischen Naturwissenschaftler Michael Faraday (1791-1867). Unsere Kondensatoren haben meist sehr kleine Kapazitäten. Ein Millionstel Farad nennen die Spezialisten ein Mikrofarad (abgekürzt µF), ein Milliardstel Farad heißt Nanofarad (abgekürzt nF).

Aus einem unauffällig angebrachten Lautsprecher tönt – nicht wie früher knarzend – eine glasklare Stimme: „Herr Panne, bitte zur Startrampe, Herr Panne zur Startrampe bitte!"
„Oh, mein Typ wird verlangt", sagt Manne Panne. „Drüben bei den Raketenstarts scheint eine Reparatur nötig zu sein, die meine Roboter nicht alleine schaffen." Panne und Armstrong schweben, Robert rollt zu dem Sektor der Abteilung, in dem die riesigen Raketen gewartet werden. Von hier aus starten auch manche, vor allem die unbemannten Materialtransporter.
Robert läßt seine Begrüßungsdioden aufleuchten, denn zum Wartungstrupp gehören einige seiner Brüder und Schwestern. „Anna M-3, Bert M-3, Cäcilie M-3, Donald M-3, Emma M-3 – alle da", freut er sich. „Na, wie läuft die Arbeit?" Die M-3s stöhnen im Chor: „In ein paar Minuten soll wieder eine Rakete abheben, und plötzlich gibt's Probleme. Immer dieser Streß!"
„Na, die Schwierigkeiten mit der Antriebsstufe werden wir gleich behoben haben", beruhigt Panne und verschwindet im Gewirr der Kabel, Rohre und Platten.





Roberts Notizblock

Wie die Widerstände kann man natürlich auch Kondensatoren hintereinander (in Reihe) oder nebeneinander (parallel) schalten. In Reihe geschaltete Kondensatoren haben eine niedrigere, parallel geschaltete Kondensatoren eine höhere Kapazität.

„Wie hast's du denn erwischt?" tuschelt die rosafarbene Anna M-3 zu ihrem um exakt 8 Minuten jüngeren Bruder Robert leise. „Du kannst ruhig lauter sprechen", fordert sie Robert auf, „über den Professor kann ich nur Gutes berichten."
„Danke für die Blumen", verneigt sich Armstrong, der mit ganz großen Ohren gelauscht hat. „Nur eine ungute Eigenschaft hat er", läßt sich Robert nicht aus dem Konzept bringen, „er ist fürchterlich neugierig." Da muß der Professor widersprechen: „Neugierde halte ich aber für eine meistens positive Eigenschaft."
Das Aufblitzen einer Diode reißt sie aus ihrem angeregten Gespräch. „Jetzt aber nichts wie in Deckung!" warnt Anna, „in wenigen Sekunden geht die Post, nein: die Rakete ab."
„Wo steckt Panne?" fragt Robert besorgt. „Der wird schon noch kommen, er kennt sich doch hier aus", weiß der Professor. Tatsächlich schwebt der Obermechaniker herbei: „Kommt sofort mit hinter die Schutzschilde, sonst verschmort ihr euch noch Gehirnwindungen und Zentralspeicher!"
Kaum haben sie den durch Spezialpanzerglas geschützten Raum erreicht, da donnern auch schon die Triebwerke des Alltransporters auf. Die Rakete hebt ab und findet computergesteuert sicher ihren Weg zur Erde. „Reparatur und Start geglückt", freut sich Panne.
„Der kleine Blitz, der uns vorher vor dem bevorstehenden Start gewarnt hat: Wo kam der eigentlich her?" fragt Robert. Jetzt kommt die große Stunde seiner älteren Schwester: „Das war eine Mini-Blitzleuchte, die wir hier bauen. Möchtest du auch eine haben?" Selbstverständlich möchte Robert.

48 Und so baut Anna die Schaltung auf. Sie entspricht in jeder Einzelheit der Skizze unten. Als R1 verwendet sie einen 1-kΩ-Widerstand (braun-schwarz-rot), als C1 einen 100-µF-Kondensator. Dann zieht sie die Drahtbrücke zwischen Plus-Pol der Batterie und Kondensator heraus und betätigt den Taster Ta1.
Die Leuchtdiode blitzt kurz auf. „Wie kommt's?" testet Panne seine metallene Mitarbeiterin. „Ist doch ganz klar", brüstet sich Anna, „wird die Schalterbrücke S eingesteckt, dann lädt sich C1 auf. Wird S herausgezogen, also die Batterie abgeklemmt, dann möchte sich der Kondensator entladen, kann aber nicht: Die Leitung durch die Diode ist ja wegen des offenen Tasters unterbrochen. Erst wenn man den Taster drückt, gibt der Kondensator seine gespeicherten Elektronen ab und bringt die Leuchtdiode zum Aufblitzen."
„Und wenn man einen anderen Kondensator nimmt?" will Robert wissen."

49 Anna steckt jetzt als C1 einen 10-µF-Kondensator in die Schaltung und verfährt ansonsten gleich wie beim letzten Experiment.
Die Leuchtdiode strahlt noch kürzer auf als beim vorherigen Versuch. Die Kapazität des Kondensators ist geringer, er kann also weniger Elektronen speichern und wieder abgeben.

50 Nun nimmt Anna – bei sonst unverändertem Aufbau und Vorgehen – einen Kondensator C1 mit noch geringerer Kapazität: einen mit nur 6,8 nF.
Jetzt passiert – scheinbar – gar nichts. Doch Anna weiß, was los war: „Der Kondensator hat zwar auch Elektronen aufgenommen; es waren jedoch so wenige, daß sie sich sehr schnell entladen haben. Die kurze Entladezeit hat nicht ausgereicht, um ein erkennbares Glimmen zu verursachen. Die Kapazität von 6,8 nF ist für diesen Versuch zu klein."

„Raketentriebwerke müssen ja", beginnt Panne die Erläuterungen für die nächste Versuchsreihe, „in einer ganz bestimmten Zeit auf volle Touren kommen. Ob sie das tatsächlich auch tun, prüfen wir auf einem Teststand." Robert dreht seinen Kopf einmal rundherum – Roboterinnen und Roboter können das – und blickt sich um. „Könnte es sein, daß dort drüben der Teststand liegt, dort, wo immer wieder Feuerschein zu sehen und Lärm zu hören sind?"

„Los, gehen wir hinüber", fordert Panne seine Gäste auf, und auch Anna M-3 rollt mit. „Dann wollen wir mal", fordert Manne die Roboter auf, die die massigen, in der Schwerelosigkeit jedoch gewichtslosen Triebwerke hin und her schaffen. „Legt mir mal bitte so ein Mordsding in die Versuchsanordnung." Gesagt, getan. Die gescheiten Maschinen stöpseln Schläuche an, verbinden Drähte. „Fertig", ruft ein Roboter Panne zu.

Mit einem Knopfdruck startet er das Triebwerk, gleichzeitig drückt er auf den Taster einer Schaltung, an der bisher eine rote Diode geglüht hat. Sofort verlischt die rote LED, statt ihrer blitzt eine grüne Diode auf. Nach ein paar Sekunden geht die grüne LED wieder aus, und die rote sendet ihr Licht aus. „In der Zeit, in der die grüne Diode leuchtet, muß die Maschine volle Leistung bringen", verkündet Panne.

Robert interessiert sich weniger für die lautstarken Motoren als vielmehr für die Schaltung: „Können wir nicht auch solch eine Kurzzeituhr mit zwei verschiedenfarbigen Leuchtdioden bauen?" Wieder hilft seine Schwester Anna.

51 Sie steckt die Schaltung so zusammen, wie es aus der Zeichnung oben hervorgeht.

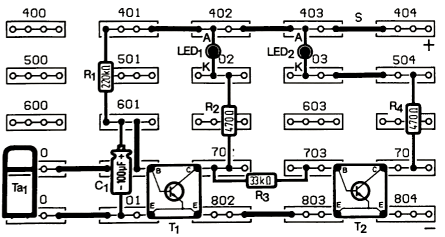
Nachdem sie die Batterie angeschlossen hat, strahlt die rote Leuchtdiode, die grüne hingegen bleibt dunkel.

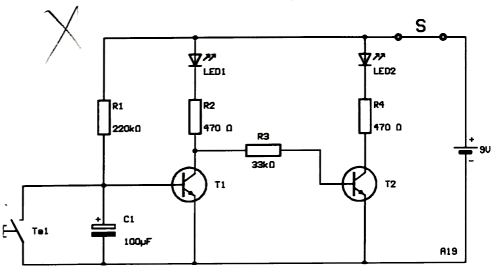
52 Nun betätigt Anna kurz den Taster Ta1, wie es vorher Panne getan hat, als er das Triebwerk in Gang setzte.

In der Tat funktioniert diese Schaltung gleich wie der Aufbau Pannes: Nach Tastendruck geht „Rot" aus, und „Grün" leuchtet. Nach einigen Sekunden wird ganz von alleine der vorher bestehende Zustand („Rot" an, „Grün" aus) wiederhergestellt.

Anna möchte ihrem ungläubig und gleichzeitig fasziniert dreinblickenden Bruder auch diesen Aufbau erklären: „Damit es für dich einfacher wird, beginne ich mal mit der Situation, daß der Taster gedrückt wird. Das bewirkt zweierlei: Erstens wird C1 schlagartig entladen, zweitens wird T1 gesperrt, und damit verlischt die LED1. Wenn aber T1 sperrt, dann fließt vom Plus-Pol der Batterie über LED1 und die Widerstände R2 und R3 Strom in die Basis von T2; dieser Transistor wird leitend, und die grüne LED2 geht an." Soweit ist Robert alles klar.

„Was passiert aber", will er weiter wissen, „wenn der Taster losgelassen wird?" Auch dafür hat Anna eine Erklärung parat: „C1 beginnt, sich über R1 aufzuladen. Nach einer gewissen Zeit ist er so voll, daß auch ein bißchen Strom zur Basis von T1 abgezweigt wird. T1 wird daraufhin leitend, und die rote LED 1 geht an. Der gesamte Strom durch LED1 und R2 fließt aber nun durch den leitenden Transistor T1 und nicht mehr über R3 in die Basis von T2. Die Folge: T2 sperrt, und die grüne LED2 geht aus. Außerdem ist nichts einfacher", hat sich Anna so richtig in Schwung geredet, „als auch kürzere Zeiträume zu messen und über die Dioden anzeigen zu lassen."





53 Sie zieht mit ihrer Greifhand den 220-kΩ-Widerstand R1 (rot-rot-gelb) heraus und steckt an seine Stelle einen Widerstand mit 100 kΩ (braun-schwarz-gelb).

Die Dioden leuchten nach Tastendruck in der gleichen Reihenfolge auf wie bisher, nur daß die „Grünphase" jetzt viel kürzer ist. Natürlich muß auch Anna jetzt erklären, was passiert ist: „Wie schnell oder langsam sich ein Kondensator lädt oder entlädt, hängt von zwei Dingen ab: erstens von der Kapazität des Kondensators und zweitens vom Ohmwert des Widerstands, über den er sich lädt oder entlädt. Im vorherigen Experiment hatten wir statt des 100-kΩ-Widerstands einen 220-kΩ-Widerstand in der Schaltung. Da hat das Aufladen natürlich länger gedauert."

„Weißt du, woran mich das erinnert?", fragt Robert Anna.

„An eine der vielen altmodischen Ampeln drunten auf der Erde. Man will eine Straße überqueren, auf der viele sanft brummelnde, abgasfreie Solar-Autos dahingleiten. Man rollt an den Zebrastreifen – ja, so etwas gibt's immer noch – drückt einen Knopf, und die Ampel springt für eine kurze Zeit für uns 'Fußgänger' auf Grün."

Roberts Notizblock

Elektroniker sagen zur Leuchtdiode oft kurz LED. Das ist eine Abkürzung des englischen Ausdrucks „Light Emitting Diode", der nichts anderes heißt als – Leuchtdiode.

Die Abteilung „Venus": Residenz der Raumpfleger

So langsam drängt der Professor zum Aufbruch: „Wir haben uns noch so viel vorgenommen, daß wir fast schon zu lange da sind", entschuldigt er seine Hektik. Robert aktiviert seine Gefühlskarte und verabschiedet sich bewegt von seinen Geschwistern: „Bestimmt rollen wir uns bald wieder über den Weg."

„Und wohin soll's jetzt gehen?" will der neugierige Roboter wissen. „Auf dem Besuchsprogramm", verkündet Armstrong, „steht jetzt die Abteilung 'Venus'. Mit Hilfe ausgetüftelter Elektronik sorgen die Kolleginnen und Kollegen dort dafür, daß das All sauber bleibt."

Die obligatorische Schleuse passieren sie ungestört, Robert rollt Richtung „Venus", der Professor hat sich wieder ins Nahverkehrssystem eingeklinkt. So rasen sie los. Plötzlich wird Armstrong langsamer, und das automatische Geschwindigkeitsleitsystem drosselt auch Roberts Fahrt: „Verdammt, Baustelle", analysiert M-3, „hoffentlich gibt's keinen Roboterstau."

„Zum Glück nichts Größeres", erkennt Armstrong, als sie sich dem Nadelöhr nähern, „da ist nur die Verkleidung der Versorgungsleitungen auf den Weg gefallen." Robert gewinnt diesem kleinen Unfall Positives ab: „Dann kann ich mir ja gleich mal anschauen, was in den Wänden der Gänge so alles läuft."

Er fährt seine optischen Sensoren aus und erblickt Leitungen für Wasser, Abwasser, Sauerstoff und verbrauchte Luft. „Die armdicken Stränge dort hinten", erläutert Armstrong, „sind die Stromkabel. In den durchsichtigen Rohren flitzt die Post zum Empfänger." Im Schritttempo geht's an der Baustelle vorbei. Als sie gerade wieder Reisegeschwindigkeit erreicht haben, schrillt eine Alarmsirene.

„Was soll denn das nun wieder", zeigt sich M-3 irritiert. „Bei diesem Ton", weiß Armstrong, „müssen sich Menschen und Roboter schnellstens in sichere Räume zurückziehen, denn das entsprechende Segment ist durch heranfliegende Teile bedroht." Sie erreichen eine Sicherheitskammer, die zum Glück ein Panzerglasfenster nach außen hat.

Staunend sieht M-3, wie von einer nahegelegenen Abteilung – es ist „Venus" – Raumfahrzeuge aufsteigen. Mit riesigen Rüsseln, die am Bug der Raumschiffe befestigt sind, „saugen" sie eine Unzahl von Schrauben, Muttern und Metallsplittern ein, die sich als gefährliche Wolke der Station nähern. Offenbar ist ihre Mission erfolgreich, denn schon nach ein paar Minuten verkündet ein erneutes Sirenensignal „Entwarnung".

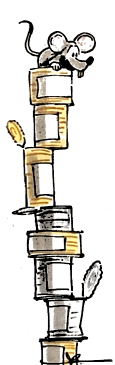
„Viele unserer Vorfahren", regt sich der Professor auf, „waren ganz 'schöne' ökologische Ferkel. Nicht mehr benötigte Satelliten haben die Kerle einfach in hunderttausend Teile gesprengt. Und heute macht uns dieser rasende Schrott schwer zu schaffen. Neulich wurde sogar ein Raumgleiter von einer Getränkedose des späten zwanzigsten Jahrhunderts getroffen."

M-3 erreicht vor Armstrong die Tore zu „Venus" und tippt den Universalcode ein, den ihm der Professor verraten hat. Robert rollt schon mal in die Abteilung hinein. Zunächst nimmt niemand Notiz von ihm, doch dann knarrt ein Roboter auf ihn zu. „Oh je, einer aus der Baureihe M-1!" denkt Robert. „Guten Tag, mein Name ist Robert M-3, und ich bin neu hier oben auf Electronica", stellt er sich dem alten Kollegen vor. Aber der brummt nur dumpf und will schon beidrehen. „Ich bin der neue Gehilfe von Sirius Armstrong", ergänzt Robert.

„Dann sieht die Sache natürlich anders aus", wendet sich der M-1 Robert wieder zu. „Armstrongs Freunde sind auch meine Freunde. Der Professor hat mir vor ewigen Zeiten meinen Stromkreis geradegebogen. Viel hätte nicht gefehlt, und ich wäre auf dem Schrottplatz gelandet. Ja, damals, als die ersten Raumstationen flogen, jede war kleiner als eine einzige Abteilung von Electronica, die Schwierigkeiten, mit denen wir zu kämpfen hatten, die glaubt uns heute keiner mehr..."

Der hereinpurzelnde Professor unterbricht den Redeschwall des betagten Roboters. „Elende Schwerkraft", schimpft Armstrong, „dabei weiß ich doch eigentlich ganz genau, daß die Leute in dieser Abteilung Schwerkraft brauchen, weil ihnen sonst dauernd der Müll um die Ohren fliegen würde." M-3 entdeckt in seinem Speicher „Lebensweisheiten" einen passenden Spruch: „Man soll die Schwerkraft eben nicht auf die leichte Schulter nehmen – das steht schon bei Newton, und das war lange vor unserer Zeit!"

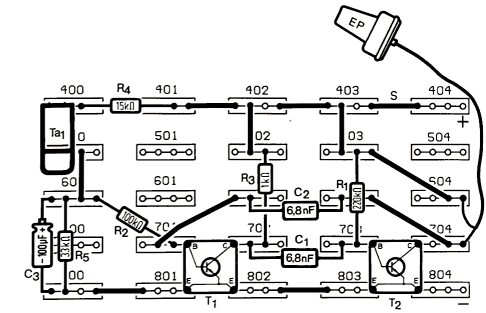
„Halt mal den Lautsprecher", murrt der Professor. „Was tust du eigentlich hier?" will er vom frechen Roboter wissen. „Ich hab' halt gedacht..." stottert Robert, doch M-1 unterbricht ihn: „Ich hätte ihn auch fast wegen seines ungebührlichen Eindringens wieder hinausgeworfen, doch als er mir erzählte, daß er Ihr neuer Assistent sein wird, da mußte ich ihm natürlich ein bißchen von alten Zeiten berichten."

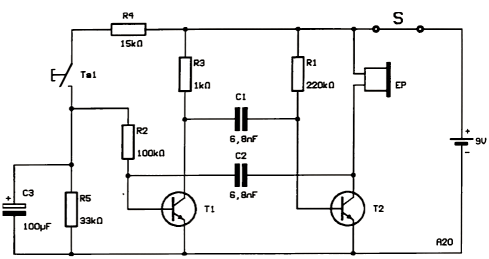


„Mein lieber Friedrich M-1", streicht ihm Armstrong über das angerostete Blech, „könntest du meinem wissensdurstigen Assistenten mitteilen, was es mit dem Sirenenklang auf sich hat?"
„Aber gerne", holt der alte Fritz aus, „also damals, im Jahre 2001, da haben wir immer, erinnern Sie sich..." Armstrong ahnt, daß Friedrichs Erzählungen ausschweifend werden könnten: „Wie war das mit der Sirene?"
„Ich sehe schon", konzentriert sich M-1 jetzt, „selbst Sie interessieren sich nicht mehr für Vergangenes. Wie dem auch sei: Die Sirenenschaltung ist wahrhaftig simpel."

54 M-1 läßt sich Armstrongs Bauteiletasche geben und steckt die Schaltung so zusammen, wie es die Abbildung rechts zeigt. Der seltsame Stöpsel ist der Ohrhörer, der im Schaltplan mit EP bezeichnet wird; EP ist die Abkürzung des englischen Worts „ear phone", was schlicht „Ohrhörer" heißt.
Natürlich greift sich Robert sofort den Ohrhörer und steckt ihn in seine Akustiksensoren. „Ich hör' ja gar nichts!" beklagt er sich. „Na klar", belehrt ihn M-1, „wir haben ja auch den Alarm noch nicht ausgelöst."

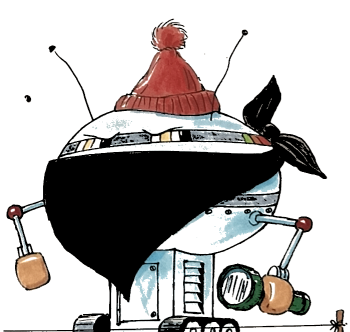
55 Robert drängelt heran und betätigt den Taster Ta1. Er bleibt eine Weile mit seinem Metallgreifer auf der Taste und läßt sie dann los.
Solange Roberts „Finger" auf dem Taster ruht, steigt der Ton an; nachdem er losgelassen hat, wird der Ton tiefer.
„Solche Schaltungen", meint Friedrich, „verstehen selbst Roboter älterer Baureihen auf Anhieb. Soll ich sie dem jungen Spund erklären?" Armstrong nickt auffordernd. „Bevor man die Taste drückt, bekommt der Transistor T1 keinen Strom in seine Basis, und die Sirene gibt keinen Laut von sich. Nach Drücken des Tasters wandert ein großer Teil des Stroms in den leeren Kondensator C3; etwas Strom allerdings erreicht über R2





die Basis von T1. Je mehr sich C3 füllt, desto weniger Strom nimmt er auf, und desto mehr Strom bleibt für die Basis von T1 übrig: Der Ton wird höher. Sobald man die Taste losläßt, gibt C3 Strom auf die Basis von T1. Dieser Strom nimmt natürlich ab, der Ton wird tiefer. Wenn C3 leer ist, kann er logischerweise auch keinen Basisstrom mehr liefern, und die Sirene verstummt."

56 „Wem das Auf- und Abschwellen des Tons zu schnell geht", erläutert Armstrong den nächsten Versuch, „der zieht einfach den Widerstand R5 aus dem Aufbau heraus."
Des Professors Ankündigung muß Robert selbstverständlich überprüfen. Tatsächlich bewegt sich der Ton nach Tastendruck etwas langsamer nach oben und geht – nachdem Robert die Taste wieder losgelassen hat – ebenso langsam nach unten.



Roberts Notizblock

Solche Schaltungen nennen die Experten Tongeneratoren, weil sie Töne „machen" können. „Wir werden noch ein paar solcher Schaltungen kennenlernen", verspricht Armstrong seinem Assistenten.

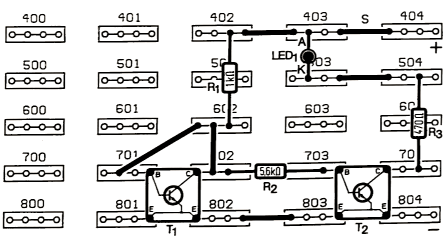
Die Schaltung warnt vor der Erde

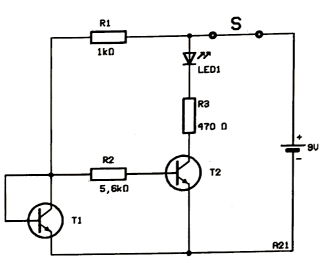
„Vorgestern ist es passiert", plappert Friedrich vom Alltag auf „Venus", „daß sich einer unserer Raumstaubsauger verflogen hat. Er hatte einen großen Metallblock erspäht, der sich der Erde näherte. Er flog hinterher, um ihn einzufangen. Plötzlich wunderte sich der Pilot, warum es so warm wurde. In der Hitze des Gefechts war er in die oberste Luftschicht der Erde eingedrungen. Dafür sind unsere Raumgleiter aber nicht konstruiert; sie können sich nur im luftleeren Raum bewegen."

„Da müßte man doch glatt", überlegt Armstrong, „ein Hitzewarngerät konstruieren."

57 Er entwirft einen Hitzemelder, der genau so aussieht wie die Zeichnung unten. M-3 baut ihn gleich auf.

Die Leuchtdiode strahlt, doch Robert findet das nicht ungewöhnlich: „Na und?" Friedrich klopft sich gegen seine blecherne Stirn: „Hier gibt's ja auch keine ungewöhnliche Hitze zu melden." Der Professor regt an, doch einfach einen Haarfön zu verwenden. „Ein solches Gerät", erklärt M-3, „habe ich nicht dabei, denn schließlich wächst auf meiner Haube nicht ein einziges Haar." Es ist schon verwunderlich, was in Armstrongs Tasche alles Platz hat. „Bittesehr", sagt er und fingert einen Haarfön aus den Untiefen seines Koffers.





58 Mit dem Fön bläst er den Transistor T1 vorsichtig an. Dabei achtet er darauf, daß nicht auch T2 Wärme abbekommt. Dazu schirmt er T2 mit einem Stück Pappkarton ab.

Je wärmer T1 wird, desto weniger leuchtet die Diode, und geht schließlich fast aus. Sobald Armstrong den Fön ausschaltet, kühlt sich der Transistor ab, und die Diode erreicht nach ein bis zwei Minuten ihre ursprüngliche Leuchtkraft.

„Durch die Erwärmung", erläutert der Professor, „verändert sich das Bauteil nicht grundsätzlich, sondern funktioniert nach Abkühlung wieder wie gewohnt."

59 „Das Erkalten könnte man", meint Robert, „auch ein wenig beschleunigen. Er erwärmt den Transistor T1 noch einmal vorsichtig, bis das Glimmen der Diode kaum mehr zu erkennen ist. Dann pustet er mit seinem Kühlgebläse (Menschen können auch einfach blasen) den Transistor an.

Der Transistor „erholt" sich rasch und läßt die Diode wieder heller werden.

Nun prüft Armstrong die beiden Roboter: „Warum eigentlich wird bei diesen Experimenten die Leuchtdiode dunkler?" M-3 druckst herum, während M-1 sofort die Antwort weiß: „Je wärmer T1 wird, desto mehr Strom läßt er durch. Es gelangt also über R2 immer weniger Strom in die Basis von T2. Entsprechend fließt immer weniger Strom durch die Diode, R3 und T2. Das Ergebnis haben wir ja selbst gesehen."

„Ich werde", beschließt der Professor, „in der Zentrale den Vorschlag unterbreiten, sämtliche Raumsauger mit dieser grandiosen Erfindung auszustatten."

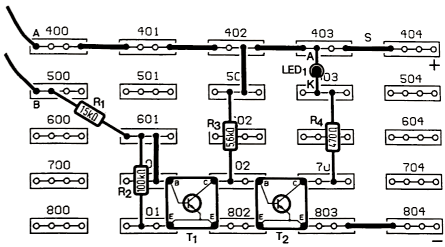
„Was bedeutet denn diese ganze Lämpchenreihe?" fragt M-3 neugierig den alten M-1 in der Schaltzentrale der Raumräumabteilung. „Das sind die Anzeigen für den Füllstand der Tanks in unseren Raumräumfliegern. Für jedes Schiff gibt es hier eine LED. Sind sie alle aus, dann ist alles in Ordnung; der Pilot hat nach dem Einsatz gleich getankt, um im Notfall sofort wieder starten zu können. Brennt eine LED, dann hat der Pilot das Auftanken vergessen."

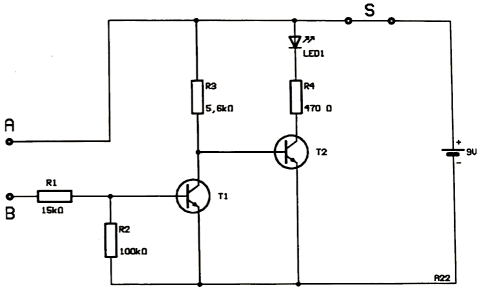
„Wie kommt denn das?" wundert sich Armstrong, „wo doch die Gleiterpiloten ausschließlich computergesteuerte Roboter sind?" Für M-1 ist die Sache klar: „Roboter sind halt auch nur Menschen."

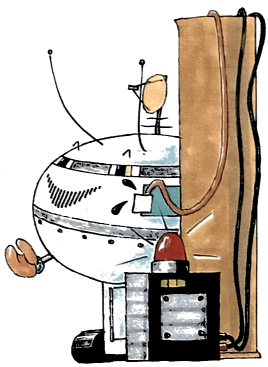
60 „Sag' mal", will M-3 wissen, „wie sieht denn die Schaltung der Tankanzeige aus?" M-1 holt den Schaltplan hervor, es ist der gleiche wie der auf dieser Seite.
Die Diode leuchtet, ganz so, als ob der Tank leer wäre.

61 Zur Kontrolle nimmt Friedrich die blanken Enden der beiden Drahtstücke, die an den Punkten A und B der Schaltung angebracht sind, so, daß sie sich berühren.
Nun geht die Diode aus und teilt dadurch mit, daß die elektronischen Bauteile an der richtigen Stelle im Aufbau stecken.

62 Friedrich holt ein Glas mit irgendeiner Flüssigkeit, zum Beispiel Wasser. Er hält die Drahtenden zunächst so ins Glas, daß sie über der Wasseroberfläche bleiben. Dann taucht er sie ins Wasser ein.
Erst wenn beide Drähte die Flüssigkeit berühren, verlischt die Leuchtdiode. Alle Raumgleiter sind also aufgetankt, wenn an Friedrichs Kontrollbrett keine einzige Diode leuchtet.
Robert durchschaut das Prinzip der Schaltung sofort: „Wenn die Drähte ins Wasser hängen, wirkt dieses wie ein Widerstand mit hohem Ohm-Wert. Durch das Wasser 'schwimmt' eine kleine Menge Strom in die Basis von T1. Dieser leitet und läßt für die Basis von T2 keinen Strom mehr übrig; die Leuchtdiode hat keinerlei Veranlassung zu leuchten. Sind die Tanks leer, hängen die Drähte also in der Luft, dann fließt kein Basisstrom zu T1; dieser sperrt. Deshalb bekommt T2 über R3 genügend Basisstrom. Die helle Diode teilt mit: Auftanken!"
Wortlos hat sich Friedrich umgedreht und wendet sich nun wieder seinen eigentlichen Aufgaben zu. „Mach's gut, alter Freund", ruft ihm M-3 zu, und zu Armstrong meint er: „So sind sie eben, diese alten M-1, ihre Gefühlskarten sind noch etwas unterentwickelt."







Roberts Notizblock

Sämtliche Versuche zum Thema Tankanzeige dürfen aus Gründen der Brandgefahr auf keinen Fall mit Benzin oder ähnlichem durchgeführt werden! Sie funktionieren am besten und sichersten mit Wasser.

Die Zentrale „Jupiter": das Herz der Station

„So, jetzt werde ich dich ins 'Allerheiligste' unseres künstlichen Erdmonds entführen", verspricht der Professor seinem Assistenten. „Gleich besuchen wir „Jupiter", die Zentrale, den Kopf, das Herz von Electronica. Dort laufen alle Fäden zusammen, werden analysiert, korrigiert und organisiert."

Ein leichtes Vibrieren von Roberts linker Antenne zeigt, wie aufgeregt er diesem neuen Abenteuer entgegensieht. Die zwei verlassen „Venus", und los geht es wieder: der eine am Transporthaken, der andere auf Schusters Rollen. So zischen sie ein paar Kilometer durch den Ring, der die Abteilungen verbindet. Dann steuert sie das Leitsystem scharf nach links in eine weitere Röhre, die vom Ring zum Zentrum führt.

Minute um Minute dauert die rasende Fahrt, die sie vor ein gigantisches, reich geschmücktes Portal bringt. „Hier also ist sie, die Schaltzentrale unserer kosmischen Welt", verkündet Armstrong stolz und tippt seine Geheimzahl in den Türcomputer.

„Armstrong, alter Freund, sei mir gegrüßt, aber wirklich", kommt ein großer Mann mit langem, weißem Bart auf die beiden Besucher zu. Schüchtern versteckt sich M-3 hinter Armstrongs Hosenbeinen, denn der ihnen da entgegentritt, ist offenbar der Chef von Electronica, der berühmte Julius Delta. Er hat einst dieses Wunderwerk erfunden und konstruiert.

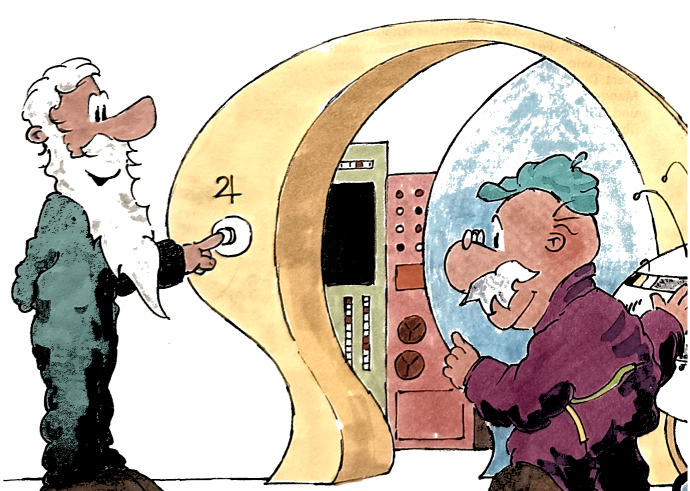
In der Roboterschule haben die Lehrer immer mit Ehrfurcht von diesem Mann gesprochen, und nun steht er ihm, dem kleinen Roboter, leibhaftig gegenüber. Robert muß sich richtig zusammennehmen, um seine Bewunderung nicht allzu deutlich zu zeigen. Armstrong geht auf Delta zu und schüttelt ihm freundschaftlich die Hand. „Wohl wieder ein alter Freund aus alter Zeit", denkt Robert.

„Na, Julius, alles im Griff, aber wirklich, oder was?" sagt der Professor und lächelt, als Delta leicht errötet. Der mag es nicht besonders, wenn man seine Art zu reden auf den Arm nimmt. Aber seinem alten Freund Armstrong verzeiht er diesen dezenten Spott schnell. „Und bei dir auch alles klar, aber wirklich? Wen hast du denn da mitgebracht?"

„Das ist mein neuer Assistent Robert, einer aus der neuen Baureihe M-3", stellt der Professor seinen kleinen Freund vor. „Ich habe ihn heute selbst von der Erde abgeholt und führe ihn nun durch Electronica, um seinen Erfahrungsspeicher etwas auf Vordermann zu bringen."

Die drei schlendern an der Unzahl der Instrumente entlang, die mit ihren Tausenden von Dioden und Schaltern einen Eindruck davon vermitteln, welch vielfältige Funktionen hier überwacht und gesteuert werden. Julius wirft immer wieder einen Blick auf die digitalen Anzeigen und die ausschlagenden Zeiger.

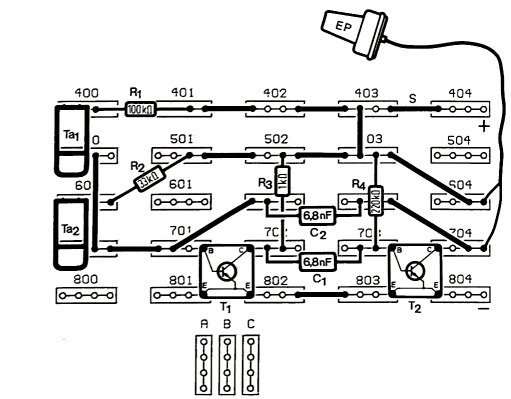
„Und dort drüben", sagt Delta und weist auf eine offensichtlich besonders gesicherte Tür, „liegt das Zentrum des Zentrums, aber wirklich, das Allerwichtigste, da stehen die Überwachungscomputer für die vielen ausführenden Computer."

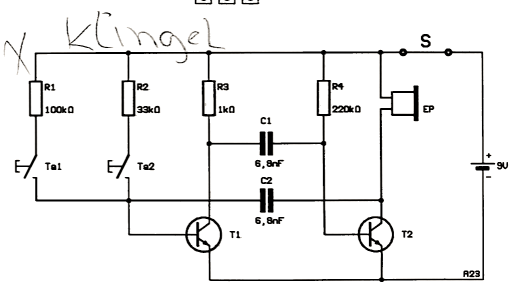


Delta, Armstrong und M-3 treten an die Tür. Julius drückt einen Klingelknopf, der rechts neben der Pforte angebracht ist. Sie öffnet sich wie von Geisterhand geschoben – und gibt eine zweite Tür frei, deren Klingel Delta ebenfalls betätigt. Auch die zweite Sicherheitstür geht auf.
Im Inneren arbeiten nur wenige Menschen und Roboter. Den meisten Platz nehmen gigantische Computer ein, und das, obwohl die Computer in den letzten hundert Jahren ja immer kleiner geworden sind.
Plötzlich ertönt ein tiefer Klingelton, nach ein paar Sekunden ein hoher. „Da hat's jemand besonders eilig", meint Delta, der sich zur Tür wendet. „Das war unsere trickreiche Zwei-Knöpfe-Zwei-Töne-Klingel." M-3 versteht den Sinn dieser Erfindung nicht. „Der erste Taster", erläutert Delta, „ist an der äußeren, der andere an der inneren Sicherheitstür angebracht. So erkennen wir immer gleich, vor welcher Tür der Besucher steht."
„Können wir nicht vielleicht", bettelt Robert, „auch eine solche intelligente Klingel bauen?"

63 Sogleich holt Armstrong seine Bereitschaftstasche und steckt die intelligente Türklingel so zusammen, wie es die Zeichnung rechts zeigt.
Auch nach Anschließen der Batterie bleibt der Ohrhörer zunächst stumm.

64 Robert drängt heran und betätigt den oberen Taster Ta1.
Ein tiefer Ton erklingt – wie nicht anders zu erwarten.





65 Nun drückt M-3 zur Abwechslung den unteren Taster Ta2.
„Wie ich vorhergesehen habe!" jubelt Robert, als der hohe Ton zu hören ist.
Delta erklärt die Funktionsweise der Schaltung: „Zuständig für die Tonhöhe sind der Kondensator C1 und der Widerstand R4 einerseits sowie der Kondensator C2 und die Widerstände R1 und R2 andererseits. Beim Drücken der Taste Ta1 kommt der 100-kΩ-Widerstand R1 ins Spiel; wenn Ta2 betätigt wird, wirkt der 33-kΩ-Widerstand R2. Ein hoher Widerstandswert sorgt für einen tiefen Ton, ein niedriger hingegen bewirkt einen hohen Ton."

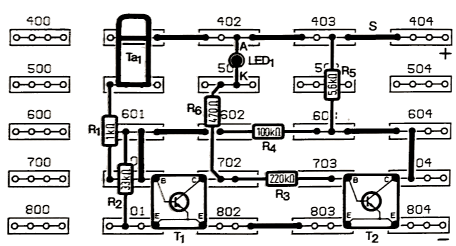
„Natürlich haben wir", erläutert Delta, „den Raum mit den Zentralcomputern auch noch auf andere Weise gesichert, aber wirklich. Eine Alarmanlage sagt uns, ob ein Unbefugter eingedrungen ist, nicht wahr?"

„Alarmanlage?" freut sich Robert, „das klingt ja absolut spannend. Erzählen Sie uns doch bitte, was sie tut." Gerne beschreibt Delta seine Erfindung: „Öffnet jemand die Tür auch nur eine Handbreit, dann geht auf einem Kontrollmonitor eine LED an."

„Was bedeutet 'LED'?", will M-3 wissen. „Ach ja, das ist die Abkürzung des englischen Ausdrucks 'Light Emitting Diode', was nichts weiter als Leuchtdiode bedeutet."

Mit der Erklärung der Erfindung ist M-3 jedoch ganz und gar nicht zufrieden. „Wenn die Tür dann wieder geschlossen wird, geht die Diode doch sicher aus." Energisch schüttelt Delta den Kopf: „In keinster Weise! Das ist ja der Trick an diesem Aufbau, daß die Diode auf jeden Fall brennen bleibt. Ich baue die Schaltung für dich grade mal auf, damit du ihre Funktion begreifst."

66 Delta steckt den Aufbau entsprechend der Darstellung unten zusammen. Der Taster Ta1 stellt dabei den Kontakt dar, der beim Öffnen der Tür geschlossen wird.



„In der Schaltung tut sich jetzt bereits etwas", weiß Delta, „wir sehen die Vorgänge jedoch im Moment noch nicht."

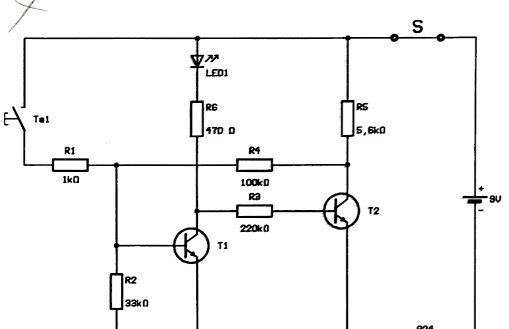
67 Robert drückt mit seiner Greifhand sanft auf den Taster Ta1.

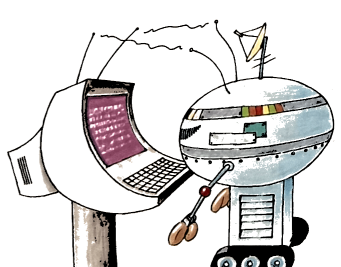
Die LED springt an und setzt ihr Leuchten auch fort, wenn Robert die Taste wieder losläßt. „Die Diode geht erst dann wieder aus", mischt sich nun Armstrong ein, „wenn durch Entfernen der Schalterbrücke S die Batterie abgeklemmt wird."

„Diese Schaltung, aber wirklich", ergänzt Julius Delta, „ist ein Abfallprodukt der Computerentwicklung. Ihr Grundprinzip steckt millionenfach als einfaches 'Gedächtnis' in jeder Rechenmaschine. Wir Experten nennen sie 'Flipflop'; entweder leuchtet die Diode auf – flip! – und bleibt auch brennen, oder sie geht aus – flop! – und bleibt aus. Beide Zustände ('LED brennt'/'LED brennt nicht') sind stabil, sie ändern sich also nicht von sich aus. Weil zwei Zustände stabil sind, nennen wir die Schaltung auch eine 'bistabile Stufe', wobei 'bi' zwei bedeutet."

„Damit du das 'Flipflop' auch richtig verstehst", wendet sich Armstrong an M-3, „mußt du wissen, daß hier die beiden Transistoren stets gegeneinander arbeiten: Der jeweils leitende zwingt den anderen zum Sperren. Leitet T1, dann bleibt für die Basis von T2 kein Strom mehr übrig, denn der Strom durch R6 wandert insgesamt durch T1. Ist hingegen T2 leitend, dann nimmt er T1 den Basisstrom weg."

„Die innere Logik dieser Maschinen", fährt Delta fort, „ist total simpel, aber wirklich, denn die Computer können eigentlich nicht besonders viel. Weil sie das Wenige aber in einer Wahnsinnsgeschwindigkeit vollbringen, sind sie doch zu erstaunlichen Leistungen fähig."





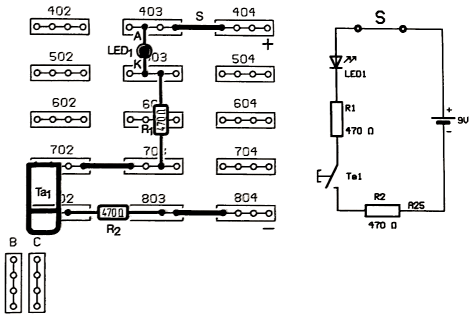
Diese Schaltung sagt nur JA

„Wenn die Art", hakt M-3 nach, „nach der Computer 'denken', wirklich so einfach ist, dann können Sie sie mir doch schnell mal vorführen." Gerne erklärt sich Delta dazu bereit: „Am besten machen wir das anhand einiger Experimente."

68 Als ersten Versuch zur Computerlogik baut Delta eine kleine Schaltung auf. Sie entspricht der rechts abgebildeten.

„Damit haben wir, nicht wahr", weiß Delta, „schon die erste 'Denkweise' der superschnellen Rechenmaschine festgehalten: Drückt man den Taster Ta1 (JA), dann leuchtet die Diode (JA), betätigt man ihn nicht, dann leuchtet sie auch nicht. Oder allgemein: Passiert das eine (JA), dann passiert auf jeden Fall auch das andere (JA)."

„Moment mal", wirft Robert hastig ein, „das ist doch genau die gleiche Logik, wie wenn ich sage: Wirkt in einer Abteilung die Schwerkraft (JA), dann plumpst der Professor immer mit einem dumpfen Schlag auf den Boden (JA)." Armstrong ist wegen dieses Beispiels peinlich berührt, muß aber immerhin zugeben: „Die Denkweise stimmt!"



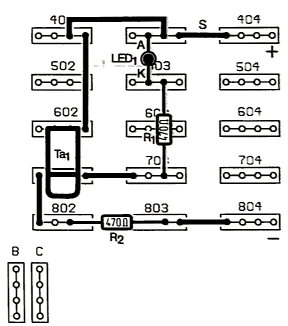
Die Schaltung, die stets verNEINt

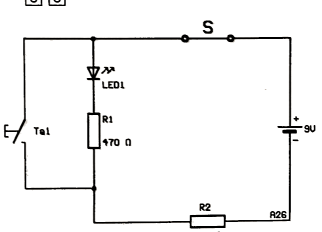
„Wenn es eine JA-Schaltung gibt", folgert M-3 messerscharf, „dann kommt doch sicher auch eine NEIN-Schaltung vor."

69 „Du hast's erfaßt, nicht wahr", bestätigt Delta und steckt die NEIN-Schaltung entsprechend der Skizze rechts zusammen. Robert probiert sie gleich aus und stellt dann fest: „Bediene ich den Schalter (JA), dann strahlt die Diode nicht (NEIN); drücke ich den Taster nicht, dann leuchtet die Diode."

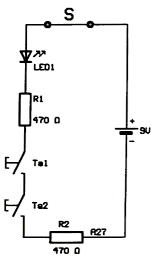
Delta möchte auch diese Erkenntnis verallgemeinert wissen, und so formuliert M-3: „Ist eine bestimmte Voraussetzung erfüllt (JA), dann tritt ein bestimmtes Ereignis nicht ein (NEIN)."

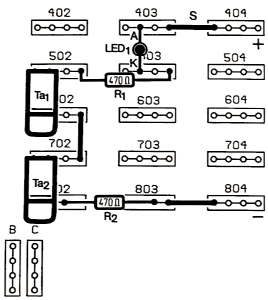
Nun ist die Reihe an Armstrong, seinen Assistenten auf den Arm zu nehmen: „Das ist dann so, wie wenn ich sage: Wenn M-3 den Mund hält (JA), dann muß ich mich nicht ärgern (NEIN)."





UND was passiert dann?





„Mit JA und NEIN", betont Delta, „kommen nicht einmal die 'doofen' Computer aus. Es gibt noch ein paar weitere Grundschaltungen, die sie zum Arbeiten benötigen. Eine davon ist die UND-Schaltung."

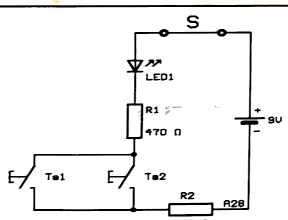
70 Er steckt die entsprechenden elektronischen Bauteile so zusammen, wie es die Zeichnung links vorgibt.

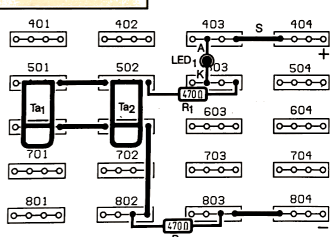
Auch jetzt läßt es sich Robert nicht nehmen, sofort auszutesten, was passiert. Er stellt fest: „Nur wenn ich beide Taster, also Ta1 (JA) und Ta2 (JA) drücke, leuchtet die Diode (JA). Wird keiner oder nur einer betätigt, bleibt der Effekt aus."

„Ich formuliere das jetzt allgemein, aber wirklich", meint Delta: „Voraussetzung A (JA) und Voraussetzung B (JA) müssen erfüllt sein, dann tritt das Ergebnis ein (JA)."

M-3 kann sich einfach nicht zusammennehmen: „Wenn in einer Abteilung Schwerkraft herrscht (JA) und mein Meister mal wieder schläft (JA), dann verbiegt er mir beim Herunterfallen die Antennen (JA)."

Die vierte Schaltung, ODER so





„ODER", fährt Delta fort, „ist das nächste Stichwort. Na, M-3, wie steht's mit deiner Fähigkeit, selbstständig zu denken? Was fällt dir zu ODER ein?"

„Also, ich würde sagen", versucht sich Robert, „wenn ich bei einem bestimmten Aufbau entweder Taster Ta1 (JA) oder Taster Ta2 (JA) drücke, dann geht die Leuchtdiode an (JA)."

71 „Prima", lobt der Weißbärtige, „die zugehörige Schaltung sieht so aus", und weist auf einen Schaltplan, der genau dem oben abgedruckten entspricht.

Jetzt legt M-3 nach: „Wenn entweder die eine (JA) oder die andere (JA) oder alle beide Voraussetzungen erfüllt sind, dann wird das passieren, was passieren soll (JA)."

Die letzte Frechheit Roberts hat Armstrong nicht vergessen und kontert mit einem gemeinen Beispiel: „Wenn M-3 ein netter Mensch wäre (JA) oder seine Gefühlskarte einen ausreichenden Speicher hätte (JA), dann würde er sich seine ewigen Boshaftigkeiten sparen (JA)."

UND wenn man NICHT aufpaßt...

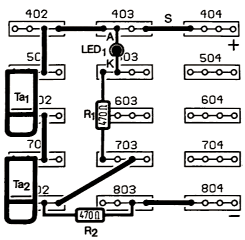
„Wir kommen nun mit Schwung", eröffnet Armstrong die nächste Versuchsrunde, „zum fünften Aufbau, zur UND/NICHT-Schaltung."

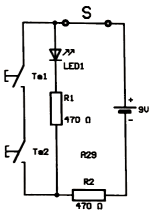
72 Er steckt das Experiment entsprechend der Zeichnung rechts zusammen.

„Vor uns sehen wir jetzt, aber jawoll, das Gegenteil der UND-Schaltung", macht Delta klar. „Werden die Taster Ta1 (JA) und Ta2 (JA) gedrückt, dann leuchtet die Diode nicht (NEIN). In allen anderen Fällen (Ta1 gedrückt oder Ta2 gedrückt oder kein Taster gedrückt) gibt sie Licht ab. Erneut solltest du, lieber M-3 versuchen, das Gesehene auch allgemein zu formulieren."

„Aber bitte gern, bitte gleich", nimmt sich Robert vor. „Wenn der Vorgang 1 (JA) und der Vorgang 2 (JA) ablaufen, dann tritt das gewünschte Ergebnis nicht ein (NEIN)."

Kann er sich noch eine Unverschämtheit erlauben? Er riskiert's: „Wenn der Professor seine Knochen schonen wollte (JA) und an meine Antennen denken würde (JA), dann fiele er nicht jedesmal beim Eintritt in die Schwerkraft auf die Nase (NEIN)."





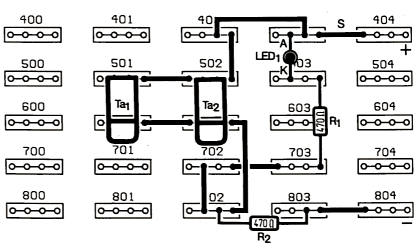
ODER begreift das jemand NICHT?

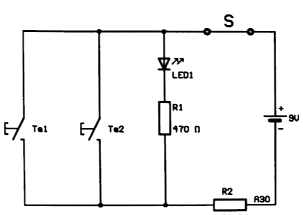
„Jetzt haben wir es gleich geschafft", verspricht der Erfinder von Electronica, „nur noch eine Schaltung bleibt zu erklären, die ODER/NICHT-Schaltung."

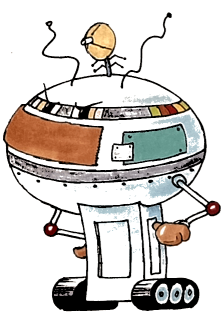
73 Er baut die sechste und letzte Logik-Schaltung so zusammen, wie es die Abbildung links darstellt.

„Dies ist doch ganz offensichtlich", fällt M-3 auf, „das Gegenstück zur ODER-Schaltung. Drücke ich die eine (JA) oder die andere Taste (JA) oder gar alle beide, dann brennt die Diode nicht (NEIN)."

„Wenn dieser Schrotthaufen mit Namen Robert", erregt sich der Professor, „den Schnabel hält (JA) oder sich schleunigst entfernt (JA), dann werde ich nicht ausrasten (NEIN). Wenn er das eine oder das andere tut, reicht es mir bereits; wenn er aber beides täte, wäre es mir noch lieber."





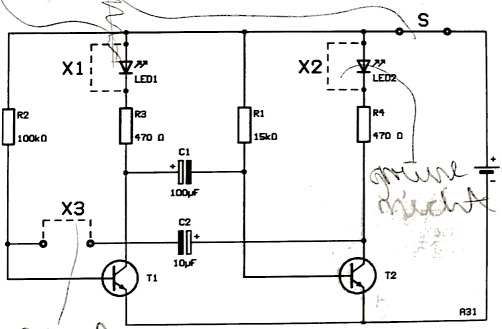


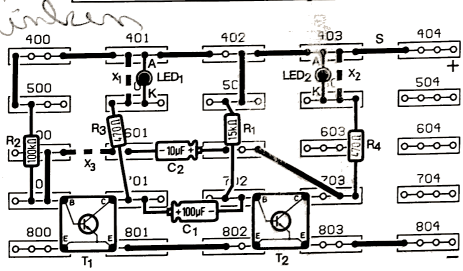
Sieben auf eine Schaltung

„So, ich denke", meint Armstrong, „wir sollten uns jetzt wieder auf den Weg machen. Die Luft hier im Raum scheint meinem Assistenten nicht besonders gut zu tun." Sie machen sich auf den Weg zur Ausgangstür. Im Vorbeigehen drückt Delta ein Knöpfchen, und einige Lämpchen fangen an zu blinken, andere gehen an, wieder andere verlöschen. „Und was", will M-3 noch wissen, „hat denn nun das zu bedeuten?"

„Du siehst vor dir: unseren elektronischen Merkzettel, nicht wahr", präsentiert Delta eine seiner höchst hilfreichen Erfindungen. „Mit dem Schreiben hapert's bei einigen meiner menschlichen und maschinellen Mitarbeiter. Deshalb schreiben sie am Ende der Schicht nicht auf, was die Nachfolger zu beachten haben. Vielmehr teilen sie es dieser Schaltung mit – sie 'erzählt' dann weiter, was zu beachten ist."

„Darf ich", bittet Robert, „einen Blick ins Innenleben dieses elektronischen Notizbuchs werfen?"





74 Delta öffnet die Verkleidung der Merkzettel-Schaltung und zeigt M-3 auch den dazugehörigen Schaltplan. Es sieht gleich aus wie die oben abgebildete Skizze. Mit Hilfe der Bauteile aus des Professors Tasche baut M-3 die Schaltung sofort nach.

„Im Schaltplan", erläutert Delta, „erkennst du verschiedene gestrichelt gezeichnete Drahtbrücken, aber wirklich. Je nachdem, welche wir tatsächlich einbauen, leuchten oder blinken die beiden Dioden in charakteristischer Weise und geben damit eine Information weiter."

75 „Zunächst die Mitteilung, die mir am liebsten ist, na klar", schlägt Delta vor und steckt keine der Brücken in den Aufbau. Die grüne und die rote Diode leuchten gleichzeitig und sagen der zweiten Schicht: Alles ist in Ordnung.

76 Nun setzt Delta die erste Drahtbrücke X1 an der vorgesehenen Stelle ein. Die rote Diode strahlt nicht, während die grüne leuchtet. „Das heißt dann", erklärt Delta, „daß noch Sicherungskopien der zuletzt erfaßten Daten anzufertigen sind, und zwar zügig."

77 „Darf ich auch mal was ausprobieren?" M-3 zieht X1 heraus und steckt X2 an die in der Skizze vermerkte Stelle. Nun leuchtet zwar die rote Diode, doch die grüne gibt kein Fünkchen Licht ab. „Dieser Zustand", erläutert der Erfinder, „war ursprünglich gar nicht vorgesehen. Aber die Leute hier haben ihn doch besetzt und zeigen damit an: Im Kühlschrank gibt's noch was zu essen."

78 Delta steckt beide Drahtbrücken X1 und X2 an die richtige Stelle. Keine der beiden Dioden springt an. Wer jetzt auf die Dioden blickt, der weiß: Ich muß noch die neuesten Computerausdrucke lesen.

79 „Jetzt kommt, aber wirklich, eine neue Variante ins Spiel", kündigt Delta an und verwendet die Brücken X1 und X3 – natürlich an den Stellen, die der Schaltplan vorschreibt. Während die rote Diode gar nichts tut, gibt die grüne eine Information weiter – sie blinkt. „Dieser Anblick, nicht wahr", teilt Delta mit, „erinnert uns daran, daß die Fenster noch nicht alle geschlossen sind."

80 Nun darf auch Robert mal wieder eingreifen. Er steckt die Drahtbrücken X2 und X3 an den entsprechenden Plätzen in den Aufbau. Daraufhin ergibt sich folgender Zustand: rot blinkt, grün ist aus. Dies zeigt der Mannschaft, daß sie sofort die Laufwerke warten muß.

81 Zuguterletzt verwendet Delta nur die Brücke X3. Das gleichzeitige Blinken beider Dioden signalisiert, daß sämtliche Speicher voll sind und daß man dringend für eine Speichererweiterung sorgen muß.

„Mit dieser faszinierenden Schaltung in der Tasche", triumphiert Robert, „können wir auf unsere weiteren Rundfahrt wirklich nichts mehr vergessen, aber wirklich."

Die Abteilung „Neptun": Verbindung zur Erde

„Ich habe bei Ihnen viel gelernt", bedankt sich Robert bei Julius Delta. Auch Armstrong verabschiedet sich: Sein „aber wirklich" hören sie noch, als die erste Türe sich schließt. „Jetzt bin ich mal gespannt", sagt Robert M-3, „was es noch zu sehen geben soll."

„Du wirst dich wundern, wir haben grade mal die Hälfte unserer Tour geschafft", meint Armstrong. Auf ihrem Weg zurück in den Ring sieht Robert durch die Fenster die nächste Abteilung von außen. Viele Antennen sind dort montiert – in allen möglichen Formen. Einige ragen weit ins All hinaus, andere wirken mit ihren Flügeln wie riesige Schmetterlinge, wiederum andere ähneln in ihrer Form großen Salatschüsseln. „Jetzt verstehe ich auch", denkt Robert, „woher der Ausdruck Wellensalat kommt."

„Die Abteilung 'Neptun' ist hier auf Electronica...," will der Professor mit seinem Vortrag beginnen. "...für den Funkverkehr zuständig", beendet Robert vorlaut den Satz. „Ach, du hast schon die Antennen gesehen", sagt der Professor schmunzelnd, „und ich dachte schon, du willst mich wieder auf den Arm nehmen."

Als sie sich der Türe nähern, fragt Robert: „Wie halten sie es denn mit der Schwerelosigkeit, die Herren Funker?" Der Professor versteht den dezenten Hinweis auf seine Plumpserei: „Die Schwerkraft ist hier nicht unbedingt nötig, und nebenbei wirst du dich noch wundern, von wegen 'die Herren Funker'."

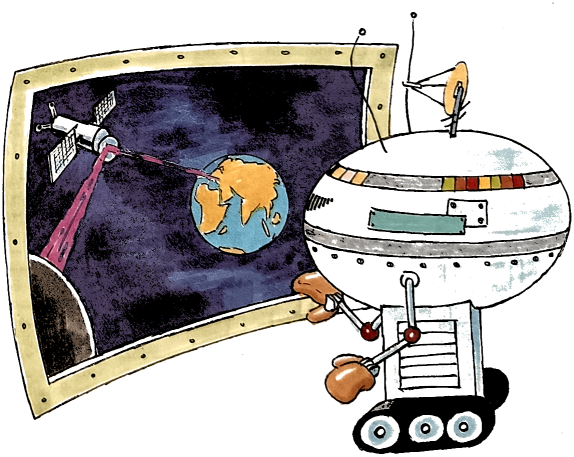
Während Robert noch über den letzten Satz des Professor nachgrübelt, betreten sie die Funkabteilung. „Wie du feststellen wirst, sieht es hier ganz ähnlich aus wie auf 'Jupiter'", erklärt der Professor. „Nur um einiges geräuschvoller ist es, wenn ich meinen Sensoren Glauben schenken darf", meint Robert im Vorbeirollen, denn zu dem Leuchten der Dioden gesellt sich ein Wirrwarr von Piepsen und Summen.

Vor den Funkcomputern sieht Robert lauter Menschen mit Kopfhörern sitzen. „Sind hier denn nur Frauen beschäftigt?" will er vom Professor wissen. „Ich sagte doch, du wirst dich noch wundern", sagt Armstrong, „es ist tatsächlich so: Diese Abteilung wird nur von Frauen betrieben." Robert wundert sich nicht schlecht: „Ja und, äh, können die denn das?"

Ehe der Professor zu einer Antwort ansetzen kann, tönt es schon von weitem: „Und ob die das können, mein kleiner Blechroller!" Eine kleine, drahtige Frau kommt ihnen entgegen. Sie begrüßt den Professor herzlich: „Hallöchen, alter Sirius."

„Guten Tag", antwortet Armstrong, „darf ich vorstellen: Ruth Frequenz, die Leiterin der Funkabteilung, und das hier ist mein neuer Mitarbeiter Robert M-3." Frau Frequenz besieht sich das neue Robotermodell kritisch: „Ganz schön frech die neue Baureihe und außerdem etwas zu konservativ geraten, wenn du mich fragst." Armstrong entschuldigt den Assistenten: „Er kennt sich noch nicht so aus; es wird noch eine Weile dauern, bis seine Erfahrungsspeicher ausreichend gefüllt sind, sonst hätte er natürlich längst gewußt, daß die Abteilung 'Neptun' eine der bestfunktionierenden hier auf Electronica ist."

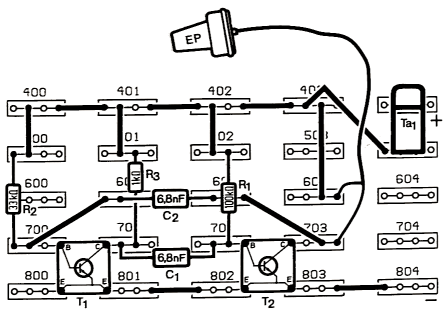
Robert surrt kleinlaut vor sich hin. Doch Ruth Frequenz nimmt die Sache dem jungen Roboter nicht krumm. Sie lädt die beiden zu einem Rundgang ein. „Hast du eigentlich diesmal an meine Sammlung gedacht?" fragt sie den Professor auf dem Weg. „Aber selbstverständlich habe ich das", und Robert erklärt er: „Ruth ist eine leidenschaftliche Sammlerin von alten Funkapparaturen."

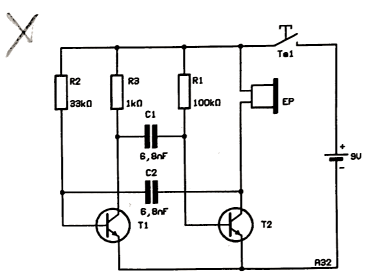


Mal lang, mal kurz, so fiept's im All

Der Professor gräbt aus seiner schier unerschöpflichen Tasche einen Apparat heraus, der wirklich aussieht, als sei er schon einige Dutzend Jahre alt. Frau Frequenz betrachtet das gute Stück mit Kennerinnenblick von allen Seiten. „Das ist doch..., das darf doch nicht wahr sein...", begeistert sie sich, „das ist doch ein Morseapparat aus dem frühen 21. Jahrhundert!"

„Genau erkannt", bestätigt Armstrong, „und das Witzige daran ist: Er funktioniert noch!" Das ist Roberts Signal: „Darf ich das Ding mal ausprobieren? Ich bin auch bestimmt ganz vorsichtig damit." Ruth hat heute ihren guten Tag: „Na, weil du's bist." M-3 nimmt das Morsegerät – und im gleichen Moment rutscht es ihm aus den Greiffingern. „Zum Glück herrscht hier Schwerelosigkeit", zeigt sich Armstrong erleichtert. Es sind nur ein paar elektronische Bauteile aus ihren Steckfedern gerutscht. „Ich habe sowieso den Bauplan mitgebracht."





82 So steckt er die Teile entsprechend dem Bauplan zusammen – es ist der gleiche wie der links abgebildete. Sogleich testet der Professor, ob das Gerät tatsächlich auch noch die charakteristischen Töne von sich gibt.

Er drückt die Taste lang: ein langer Ton ertönt; er drückt sie kurz: ein kurzer Ton ist zu vernehmen. „Mit langen Tönen (sie werden als Strich dargestellt) und kurzen Tönen (als Punkt dargestellt)", erläutert Frau Frequenz, „kann man Informationen übertragen. Dazu verwendeten die Funkerinnen früher das 'Morsealphabet': Jedem Buchstaben des Alphabets entspricht eine ganz bestimmte Punkt- und Strichfolge. Erfunden hat das ganze übrigens der amerikanische Forscher Samuel Morse (1791-1872)."

„So", berichtet Armstrong und zieht einen vergilbten Zettel heraus, „sah das Morsealphabet aus." Es ist unten abgedruckt.

„Und wenn dir, liebe Ruth", bietet der Professor an, „der Ton im Ohrhörer zu grell ist, dann reicht ein kleiner Umbau, um ihn angenehmer zu machen."

83 Er zieht den 33-kΩ-Widerstand R2 (orange-orange-orange) aus der Schaltung und steckt an seine Stelle einen Widerstand mit 220 kΩ (rot-rot-gelb).

Tatsächlich ist der Ton, der nach Tastendruck ertönt, tiefer als vorher.

„Für meine empfindlichen Ohren", beklagt sich Ruth, „ist auch dieser Ton noch zu hoch." Armstrong weiß auch dafür Abhilfe.

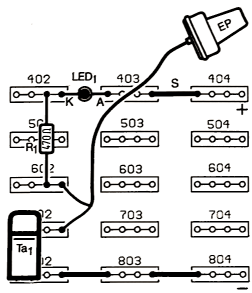
84 Als R2 baut er jetzt einen 680-kΩ-Widerstand (blau-grau-gelb) in die Schaltung.

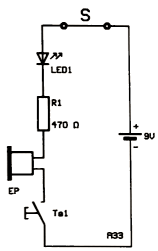
Wie nicht anders zu erwarten, hatte der Professor recht: Die Ton ist wirklich noch tiefer.

Das Morsealphabet

a	. —	o	— — —
b	— . . .	p	. — — .
c	— . — .	q	— — . —
ch	— — — —	r	. — .
d	— . .	s	. . .
e	.	t	—
f	. . — .	u	. . —
g	— — .	v	. . . —
h	. . . .	w	. — —
i	. .	x	— . . —
j	. — — —	y	— . — —
k	— . —	z	— — . .
l	. — . .	ä	. — . —
m	— —	ö	— — — .
n	— .	ü	. . — —
1	. — — — —	6	— . . . .
2	. . — — —	7	— — . . .
3	. . . — —	8	— — — . .
4	. . . . —	9	— — — — .
5	. . . . .	0	— — — — —

„Ich habe das Gefühl", meint Robert, „daß ich hier bei Ihnen, liebe Frau Frequenz, an der richtigen Stelle bin. Bei Ihnen kann ich sicher eine Frage loswerden, die mich schon seit Stunden bewegt: Wie macht man eigentlich aus elektrischem Strom Töne?"
„Um diese Frage zu beantworten", holt Ruth aus, „müssen wir uns zunächst den Ohrhörer genauer anschauen, denn in ihm spielt sich die seltsame Verwandlung ab. Im Ohrhörer steckt ein Magnet, der die Form eines Töpfchens hat, dazu eine Spule und ein hauchdünnes Plättchen, das man Membran nennt. Die Membran sitzt wie ein Deckel auf dem Magnet-'Topf' und wird von der magnetischen Kraft festgehalten. Fließt Strom durch die Spule des Ohrhörers, dann wird sie magnetisch. Das ist der Grund, warum sich die Membran nach Einschalten des Stroms verbiegt. Schaltet man den Strom ab, dann nimmt die Membran ihre alte Lage wieder ein. Die Membranbewegung ist als Knacken zu vernehmen."
„O.K.", läßt M-3 seine Verständnisleuchten aufblitzen, „und wie sieht das praktisch aus?"

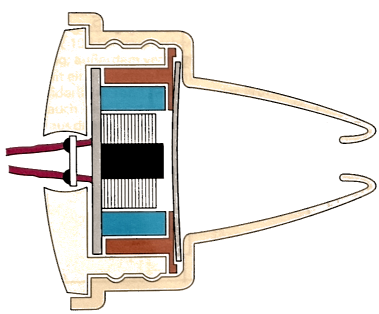




85 Die Oberfunkerin baut die kleine Demonstrationsschaltung so auf, wie oben abgebildet. Die Leuchtdiode dient dazu nachzuweisen, ob Strom fließt oder nicht.
M-3 betätigt den Taster, die Diode sigalisiert Stromfluß, und im Ohrhörer knackt's. Sobald Robert den Taster wieder losläßt, verlischt die Leuchtdiode, und im Ohrhörer ist erneut ein Knacken zu vernehmen.
„Und wenn der Strom andersherum durch den Ohrhörer fließt?" will Robert wissen.

86 „Das können wir leicht testen", weiß Frau Frequenz und vertauscht die Anschlüsse des Ohrhörers.
Wieder ergibt sowohl das Betätigen als auch das Loslassen des Tasters ein „Knack" im Ohrhörer.
„Für das 'Klangerlebnis'", erklärt Frau Frequenz diesen Effekt, „ist es also völlig schnuppe, in welcher Richtung der Strom durch den Ohrstöpsel fließt."
Mit Knack hier und Knick dort gibt sich Robert nicht zufrieden: „Einen richtigen Ton habe ich allerdings noch nicht gehört."
„Um 'ordentliche Töne' zu erzeugen", erläutert Frau Frequenz, „müssen die Knacklaute schnell hintereinander folgen. Die schnelle Folge erscheint dem menschlichen Ohr als Ton." Robert protestiert: „Auch meine akustischen Sensoren reagieren entsprechend. Ungefähr 16 bis 16 000 Knacklaute pro Sekunde erkennt mein 'Gehör' als Ton. Es ist damit auf die gleichen Werte eingestellt, die auch der Mensch aufnehmen kann."

„Natürlich kann niemand", sagt Ruth, „ein paar tausend Mal pro Sekunde auf den Taster drükken. Das lassen wir die Elektronik machen."
Der Professor nimmt die Morseschaltung her und erläutert an ihrem Beispiel, wie das funktioniert: „Wir sehen die beiden Transistoren T1 und T2, die versuchen, sich gegenseitig den Strom abzugraben. Leitet T1, dann sperrt T2, und C1 lädt sich über R1 auf. Sobald C1 voll ist, landet ein winziger Strom in der Basis von T2. Der leitet nun, und C2 lädt sich über R2 auf. Dieses fröhliche Hin und Her geht sehr schnell vor sich – in der ursprünglichen Morseschaltung rund 5000 Mal in der Sekunde."
Ruth Frequenz ergänzt: „Bei großen Widerständen und Kondensatoren mit hoher Kapazität dauert das Aufladen relativ lang, das Umschalten erfolgt seltener. Weniger Knackgeräusche aber bewirken einen tiefen Ton. Umgekehrt gilt: Niederohmige Widerstände und Kondensatoren mit geringer Kapazität führen zu raschem Umschalten, das heißt zu hohen Tönen."



„Dürften wir vielleicht", bittet der Professor die pfiffige Kollegin, „einen Blick in dein berühmtes Labor werfen? Halb Electronica spricht davon, daß du wieder einige spannende und lustige Erfindungen gemacht hast." Ruth läßt sich nicht lange bitten. Sie eilt los, Armstrong und M-3 hinterher. Bald erreichen sie einen kleinen Raum, dessen Aufschrift „Privatlabor Dr. Frequenz" zeigt, daß sie hier richtig sind.

Das Zimmer ist mit Kabeln, Schaltern und Leuchtdioden bis zur Decke vollgestopft. „Ihr müßt schon entschuldigen, aber ich bin heute noch nicht zum Aufräumen gekommen", meint Ruth und wischt mit einer großen Handbewegung einen der Arbeitstische frei. „Ob hier jemals aufgeräumt wird?" grübelt M-3, doch bevor er diesen Gedanken weiterverfolgen kann, hat Ruth bereits mit der Bemerkung „direkt aus der Abteilung 'Mars'" eine Kosmos-Kiwi auf den Tisch gelegt.

Roberts Notizblock

Dieser Versuch, wie auch die Experimente auf der gegenüberliegenden Seite, funktionieren am eindrucksvollsten mit einer ganz frischen Batterie.

87 Im gleichen Moment beginnt sie, die zugehörige Schaltung zu bauen. Sie entspricht in jeder Einzelheit der Skizze unten. M-3 beklagt sich, daß die Leuchtdiode zwar leuchtet, jedoch kein Ton zu vernehmen ist.

88 Frau Frequenz hält die Enden der beiden Drähte, die an den Punkten A und B der Schaltung hängen, aneinander. Dann nimmt sie einen 220-kΩ-Widerstand (rot-rot-gelb) und bringt ihn zwischen die beiden Drahtenden.

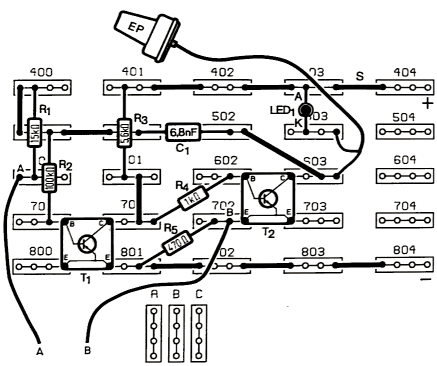
Bei Berührung der beiden blanken Enden büßt die Leuchtdiode an Kraft ein, und ein hoher Ton ist zu hören. Liegt hingegen der Widerstand zwischen den Drahtenden, wird die Diode noch dunkler, und ein tiefer Ton erschallt.

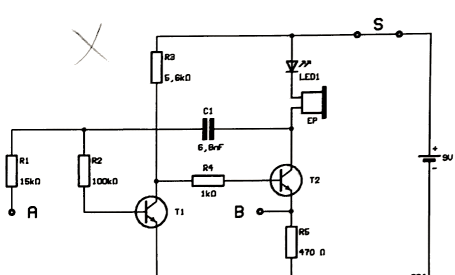
89 Frau Frequenz piekst nun die Drähte in unterschiedlichem Abstand und unterschiedlich tief in die Kosmos-Kiwi.

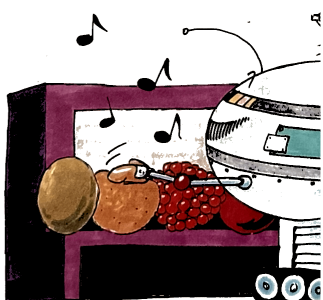
Je kleiner der Abstand zwischen den Einstichstellen ist, desto höher wird der Ton. Je tiefer sie die Frucht ansticht, desto tiefer wird der Ton. „Wer sich mit meiner 'Kosmos-Kiwi-Orgel'", meint Ruth, „etwas vertraut macht, kann eine ganze Melodie auf ihr spielen."

„Musik ist ja was Schönes", befindet Robert, „aber zunächst interessiert mich, wie das Instrument funktioniert." Ruth Frequenz erklärt es ihm gerne: „Der Kondensator wird über die Kiwi und den Widerstand R1 aufgeladen. Je höher der Widerstand in der Kiwi, desto höher ist der Gesamtwiderstand. Je höher der Widerstandswert, desto tiefer der Ton."

„Warum ist eigentlich", fragt M-3 nach, „die Diode in den letzten Versuchen dunkler geworden?" Armstrong erläutert auch dieses Phänomen: „Wie der Ohrhörer wird auch die Diode sehr rasch an- und ausgeschaltet. Die Diode flimmert, doch unser Auge ist zu langsam, um dieses Flimmern zu erkennen. Ihm erscheint die Diode nur merkwürdig duster."







Leitend oder nicht leitend, das ist hier die Frage

Achtlos hat Ruth Frequenz die Drähte aus der Kiwi gezogen und auf ein Stück Papier gelegt. Der durchdringende Blick Roberts hat dies natürlich gemerkt: „Wie kommt es, daß durch das Papier kein Strom fließt, der den Kondensator lädt und Töne hervorbringt?"
„Der Widerstand", erklärt Frau Frequenz, „ist einfach zu hoch."

90 Sie hält die Drahtenden an ein Stück Plastikfolie, an ein Stück Holz und einen trockenen Lappen.
Keines dieser Materialien leitet Strom, und deshalb ist in keinem Fall ein Ton zu hören.
„Leitet eigentlich", hakt Robert neugierig nach, „ein Schlüsselbund den elektrischen Strom?"

91 „Laß uns auch hier eine Testreihe starten", schlägt die Oberfunkerin vor und hält einen Schlüssel, ein Geldstück und eine Bleistiftmine zwischen die Drahtenden.
In allen drei Fällen gibt der Ohrhörer Töne von sich, da die Versuchsstücke leitend sind. „Je höher der Ton ist, desto geringer ist der Widerstand des untersuchten Materials, desto besser leitet es also den Strom", vermutet M-3. Das Kopfnicken von Frau Frequenz bestätigt dies.

Achtung: Wasser-Leitung!

Roberts Rundumblick schweift weiter über das kreative Chaos im Frequenzschen Labor. Auf dem Fußboden sieht er ein Löschpapier liegen, in das zwei blanke Drähte eingefädelt sind. „Was soll denn das schon wieder?" fragt er.
„Hier im Labor", weist Ruth auf ein Sicherheitsproblem hin, „arbeite ich gelegentlich auch mit sehr starken Strömen. Sollte irgendwo eine Pfütze entstehen – sei es, weil ich meine Kaffeetasse umworfen habe, sei es, weil sich Kondenswasser gebildet hat -, dann ist das lebensgefährlich. Darf ich das grade mal demonstrieren?"

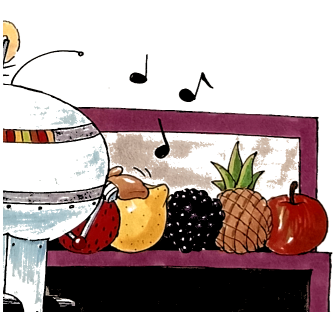
92 Sie verwendet wieder die Schaltung mit den famosen „Kosmos-Kiwis" und steckt die Drähte in ein Stück Löschpapier.
M-3, der den Ohrhörer an seinen akustischen Sensor gedrückt hält, teilt mit: „Kein Ton!" Das wundert niemanden, denn es gibt ja keine Gefahr, vor der das Gerät warnen soll.

93 Ruth Frequenz bringt nun einige Tropfen Wasser auf das Papier.
Je mehr Wasser sie aufs Papier träufelt, desto höher wird der Ton, desto eindringlicher also die Warnung.
Armstrong hat eine Idee: „Wenn ich mit meinem Haarfön das Blatt Papier wieder trockne, wird der Ton auch wieder erträglicher."

Kampf den lästigen Läusen!

„Irgend jemand hat aus Unachtsamkeit", erzählt Ruth Frequenz, „lästige Elektronikläuse in mein Labor eingeschleppt. Dabei reagiere ich doch allergisch auf diese Viecher, die sich von Widerständen und Kondensatoren ernähren."
„Da hilft nur", weiß Armstrong, „eine elektronische Laus-Scheuche."

94 Er nimmt erneut die Kiwiorgel, steckt jedoch als R1 einen 3,3-kΩ-Widerstand (orange-orange-rot), als R3 einen Widerstand mit 10 kΩ (braun-schwarz-orange) in die Schaltung; außerdem verbindet er die Punkte A und B mit einem langen Draht.
„Der widerliche Ton", vermutet der Professor, „wird auch den letzten lästigen Widerstandsfresser aus deinem Labor vertreiben.



Wenn die Verpflegung hupt

Roberts Notizblock

„Wir haben hier", erläutert Armstrong, „ein neues Bauteil verwendet: eine Germanium-Diode. Sie heißt so, weil sie das chemische Element Germanium enthält. Eine Diode läßt den Strom nur in eine Richtung passieren; sie funktioniert also wie ein Strom-Ventil. Man muß sie auf jeden Fall richtig herum in die Schaltung einbauen, so wie es der Aufbauplan vorschreibt. Zeichne dir auf, wie sie aussieht und wie sie als Schaltzeichen dargestellt wird.

So langsam wird es für Armstrong und M-3 Zeit, sich aus der Funkabteilung zu verabschieden. Zusammen mit Ruth Frequenz schlendern sie in Richtung Ausgangstür, ins Gespräch vertieft. Plötzlich schrillt ein widerlicher Signalton. Armstrong und Robert suchen Deckung hinter einer riesigen Funkstation, während Ruth lachend stehen bleibt: „Das war doch nur die Hupe unseres Imbißwagens."

„Ich habe hier", analysiert M-3, „nur wenige menschliche Funkerinnen gesehen. Die meisten, die hier arbeiten, sind doch Roboterinnen. Und wozu brauchen die was zu essen?" Ruth klärt den scheinbaren Widerspruch auf: „Natürlich gibt's hier in der Pause frische Brötchen für die menschlichen Funkerinnen. Aber auch unsere rosaroten Roboterinnen wollen sich hin und wieder stärken. Sie bekommen dreimal täglich einen taufrisch aufgeladenen Akku. Mit ein paar frischen Volt im Bauch arbeitet sich's gleich viel angenehmer."

„Das ist aber noch lange kein Grund", beklagt sich Armstrong, „uns so zu erschrecken. Aber mal ernsthaft: Der Hupton stammt doch sicher auch aus einer elektronischen Schaltung." Dies kann Ruth Frequenz nur bestätigen: „Natürlich, und aus einer besonders raffinierten dazu. Wie wär's mit einer kleinen Demonstration?" Robert zeigt sich begeistert.

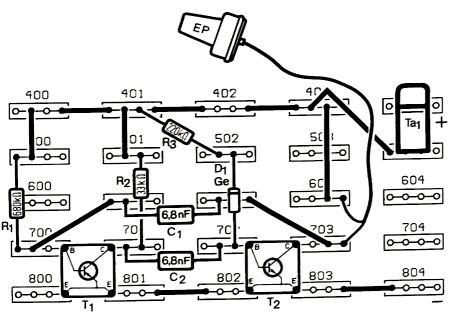
95 Frau Frequenz baut die Hupenschaltung so auf, wie die Zeichnung links unten zeigt. Als Ruth Ta1 betätigt, kommt der Tongenerator seiner Aufgabe nach.

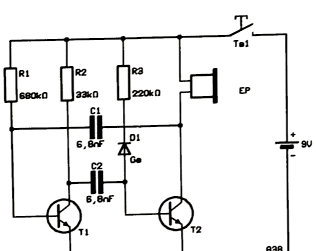
„Der Ton, den wir eben gehört haben", erkennt Robert, „war aber nicht der gleiche wie der des Imbißwagens."

96 „Du hast recht", bestätigt Ruth, „die Originalhupe sieht etwas anders aus." Sie zieht die Germaniumdiode D1 heraus und steckt an ihre Stelle eine Drahtbrücke.

Tatsächlich ertönt nach Tastendruck der kräftige Ton, den die Hupe des Versorgungsfahrzeugs von sich gegeben hat.

„Ich finde, diese schöne Schaltung bildet einen würdigen Abschluß unseres Besuchs in der Abteilung 'Neptun'", freut sich Amstrong. Mit einem „und tschüß dann, Sirius" verabschiedet sich die vielbeschäftigte Ruth Frequenz und wendet sich wieder Richtung Labor. M-3 und Armstrong verlassen die Abteilung und betreten den gigantischen Ring, der sie zu neuen Abenteuern führen wird.





Die Abteilung „Pluto": Unterhaltung für Electronica

„Wir kommen jetzt zum unterhaltsamen Teil von Electronica", verspricht der Professor. „Oh ja, Unterhaltung", freut sich M-3, „etwas relaxen bei einigen Computerspielen, das wäre nicht schlecht. So langsam zeigen meine Erfahrungsspeicher, daß ich einige Daten noch zu verarbeiten habe." Sie zischen zu „Pluto", den Studios, in denen Film-, Fernseh- und Computerspiele hergestellt werden. „Zum Spielen aber kommen wir vorerst noch nicht", bedauert Armstrong, „denn erst wollen wir ja sehen, wie die Unterhaltungsprogramme gestaltet werden."

Armstrongs Universalcode öffnet ihnen alle Pforten, und schon stehen sie mitten in einem riesigen Raum voller Lichter und Kameras. Eine Leuchtschrift an der Wand befiehlt: „Ruhe! Live-Sendung!" Da der Professor sich hier offenbar bestens auskennt, hegt Robert bereits den Verdacht, daß aus der Kulisse wieder irgendein alter Freund des Professors auf sie zustürzen wird.

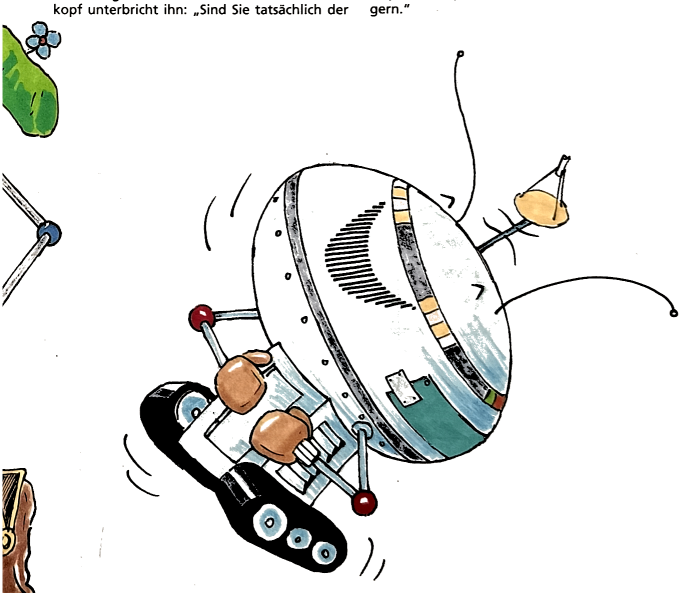
Tatsächlich tritt ihnen eilig ein Herr mit bemerkenswerter Glatze entgegen, der jedoch alles andere als freundlich wirkt: „Was machen Sie denn hier? Sie platzen mitten in eine Live-Sendung! Verkrümeln Sie sich, aber dallidalli!" Zornig schiebt er die beiden Richtung Ausgang.

„Ich, äh", stottert Armstrong, „bin Professor Armstrong und wollte doch nur..." Der Glatzkopf unterbricht ihn: „Sind Sie tatsächlich der Armstrong, der die 4-D-Raumkamera mit Hyperzoom und galaktischer Spezialauflösung erfunden hat?" zeigt sich der Mann beeindruckt. „Naja", gibt sich der Professor bescheiden, „die Kamera war ja eigentlich nur ein Abfallprodukt der Marsforschung. Aber wenn Sie sie hier auch brauchen können, um so besser."

„Ach übrigens, ich hatte vergessen mich vorzustellen. Angenehm, Dan Movie", sagt er. „Darf ich Sie persönlich in unserem kleinen Reich herumführen? Dort zum Beispiel ist der Kontrollraum, in dem alle Informationen und alle Bilder zusammenlaufen." Dan öffnet eine Schiebetür.

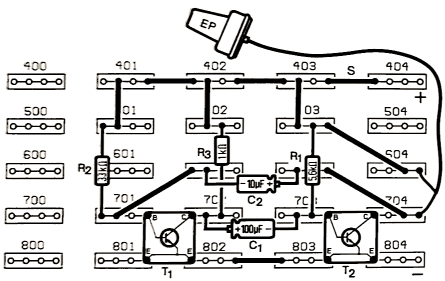
Armstrong und M-3 sehen sich unverhofft einer riesigen Wand gegenüber, die nur aus Monitoren besteht; jeder dieser Apparate zeigt ein anderes Bild! „Aus dem Angebot der Bilder, die wir entweder hier oben selbst produzieren oder von der Erde zugespielt bekommen, wählen wir die 37 Programme für Electronica aus. Auf diesem Schirm etwa", erklärt Movie und deutet auf eine der superflachen Mattscheiben, „sehen Sie die Sendung, die gerade drüben im Studio läuft."

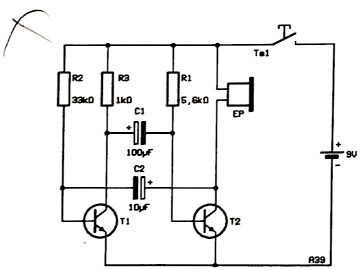
M-3 reibt sich seine Optosensoren und konzentriert sein Aufmerksamkeitsprogramm auf den entsprechenden Schirm: „Das ist ja ein Quiz! Das ist ja eine Supersache! Das sehe ich besonders gern."



Im Moment trällert der All-Star Kosmo Politan ein zu Herzen gehendes Lied. Er singt von Liebe, die so unendlich sei wie das All, von Sehnsucht, die tiefer sei als jedes schwarze Loch. Der Professor bekommt feuchte Augen, nur Robert bleibt gelassen: Das Liebessegment der Gefühlskarte ist bei Robotern der Baureihe M-3 nicht besetzt. So fällt Robert auch auf, daß das Kosmos-Begleitorchester nur aus einem einzigen Mann besteht. Trotzdem wirken die „Schlagzeugsoli" verblüffend echt und gekonnt.

„Wie trommelt man ohne Trommeln?" reißt Robert seinen Meister aus dessen Träumen. Schnell hat sich der Professor gefangen: „Die Elektronik macht's möglich. Selbstverständlich können wir jetzt keinen Schlagzeug-Computer bauen; aber zu Demonstrationszwecken eignet sich der folgende Aufbau allemal."





97 Er steckt das automatische Einfachschlagzeug so zusammen, wie es die Abbildung oben zeigt. Er verwendet als R2 einen Widerstand mit 33 kΩ (orange-orange-orange) und drückt die Taste.

Robert lauscht gebannt den Tönen aus dem Ohrhörer und stellt mit Blick auf seinen Zeitmesser fest: „Das Gerät gibt einen Ton pro Sekunde von sich. Damit kann man aber nur sehr getragene Weisen untermalen", bedauert M-3. „Geht's nicht auch ein bißchen flotter?"

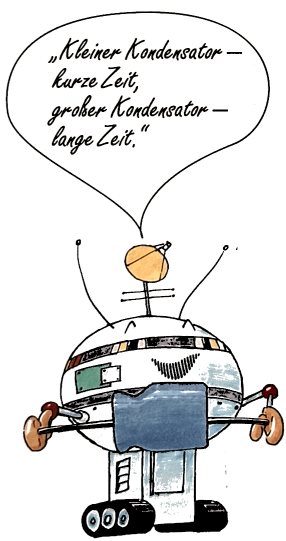
98 Armstrong zieht den Widerstand R2 mit seinen 33 kΩ aus dem Aufbau und ersetzt ihn durch einen Widerstand mit 3,3 kΩ (orangeorange-rot).

Jetzt knackt das Elektronikgerät ungefähr vier Mal pro Sekunde. „Bei dieser Geschwindigkeit wird Kosmo aber ganz schön außer Atem kommen", vermutet Robert. „Zur Erholung sollten wir ihm einen fürchterlich langsamen Takt gönnen."

99 „Kein Problem", meint Armstrong und verwendet als R2 einen Widerstand mit 100 kΩ (braun-schwarz-gelb).

Nur noch alle zwei Sekunden tönt ein Knacklaut aus dem Ohrhörer. „Die verschiedenen Knackgeschwindigkeiten", erläutert der Professor, „kommen daher, weil sich bei höheren Widerstandswerten die Kondensatoren langsamer, bei kleineren Widerständen hingegen schneller aufladen."

„Solche einfachen 'Schlagzeug'-Schaltungen", ergänzt Movie, „nennen wir Leute aus der Musikbranche 'Metronome'. Auf der Bühne wird man sie selten finden, doch im Übungsraum nehmen sie viele Musiker gerne in Anspruch."



Kosmo hat sein ergreifendes Lied zu Ende gebracht. Nun folgt eine Raterunde, bei der Kandidatinnen und Kandidaten aus dem Publikum in einer bestimmten Zeit Fragen beantworten müssen. Quintus Quasar, der quasselnde Showmaster, stellt die erste Frage: „Was hat eine Deichsel und wird doch nicht gezogen?" In dem Moment, in dem er das letzte Wort der Frage gesprochen hat, drückt der quirlige Quasar auf einen roten Knopf. Eine Leuchtdiode, die auf dem Tisch vor den Kandidaten steht und bisher gebrannt hat, verlischt.

Wie aus der Pistole geschossen kommt die Antwort einer pfiffigen Kandidatin: „Das Sternbild des 'Großen Wagens', natürlich." Erst ein paar Augenblicke nach ihrer Antwort leuchtet die Diode wieder auf.

„Jetzt wird's beträchtlich schwieriger", kündigt der Showmaster an, „die zweite Frage: Woran erkennt jedes Kind Mr. Spuck aus der TV-Serie 'Raumschiff Edelweiß'?" Wieder drückt er den Schalter, und die Rateleuchte geht aus. Die Befragten grübeln, die Sekunden verstreichen. Als die LED wieder angeht, hat kein Kandidat die richtige Antwort gegeben.

„Das hätte selbst ich gewußt", meint M-3 stolz, dessen Wissensspeicher auch eine Abteilung „Fernsehen des 20. Jahrhunderts" enthält, „der hatte doch so spitze Ohren. Aber was mich eigentlich viel mehr interessiert: Wie wird diese seltsame Quiz-LED gesteuert?"

100 Welche Zufälle es doch gibt! Dan hat den Schaltplan für genau diesen Apparat bei sich – es ist der gleiche, der rechts oben abgedruckt ist. Ihm folgend baut M-3 die Schaltung auf.

Tatsächlich: Die Leuchtdiode brennt und zeigt die Funktionsfähigkeit des Aufbaus.

101 „Darf ich?" Robert drückt, ohne die Antwort abzuwarten, den Taster.

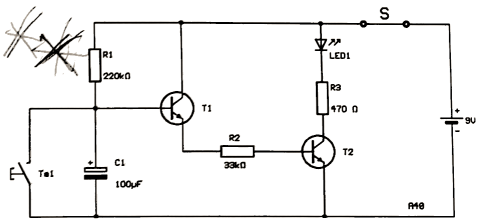
Wie in der Show geht die Diode für etwa fünf Sekunden aus und signalisiert dann durch Leuchten das Ende der Ratezeit.

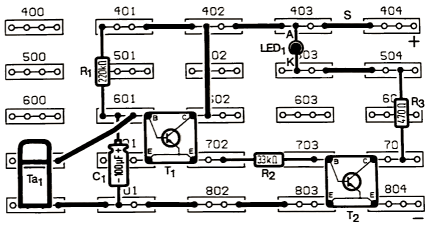
Inzwischen kommt Quasar zur Superrunde mit doppelter Punktzahl; jetzt haben die Kandidaten nur noch zwei bis drei Sekunden für ihre Antwort. „Woher weiß die Diode, daß sie nur noch so kurz leuchten darf?" bohrt M-3.

102 „Der Umbau ist denkbar einfach", erklärt der Professor. Er nimmt den 220-kΩ-Widerstand R1 (rot-rot-gelb) aus der Schaltung und steckt an seine Stelle einen 100-kΩ-Widerstand (braun-schwarz-gelb).

Nach Tastendruck geht die Diode wirklich für zwei bis drei Sekunden aus und strahlt dann wieder in alter Frische.

Movie läßt es sich nicht nehmen, dem Roboter die Schaltung zu erklären: „Zunächst erhält T1 über R1 einen Basisstrom. Er wird leitend, sein Emitterstrom fließt in die Basis von T2. Nun leitet auch T2, Strom fließt durch die Diode und bringt sie zum Leuchten. Drückt man die Taste, dann verbindet man die Basis von T1 mit dem Minus-Pol der Batterie. Ergebnis: T1 sperrt, T2 sperrt, die Leuchtdiode stellt das Leuchten ein, und der Kondensator entlädt sich."





„So weit, so gut", sagt Robert, „aber warum geht dann die Diode nach ein paar Sekunden wieder an?" Auch diese Frage bringt Dan nicht in Verlegenheit: „Wenn du den Taster losläßt, dann fließt über R1 der Strom in den leeren Kondensator; für die Basis von T1 bleibt zunächst nichts übrig. Sobald sich der Kondensator aber gefüllt hat, kann ein Basisstrom für T1 fließen. T1 leitet, T2 leitet, und die Diode strahlt."

„Schaltungen, die Töne erzeugen", beginnt Armstrong, „haben wir ja schon jede Menge kennengelernt. Und wir wissen auch, daß die Kondensatoren und ihre Ladewiderstände für die Tonhöhe verantwortlich sind. Bei der Viper-Schaltung kann der zum Kondensator C2 gehörige Widerstand durch verschiedene Tastenkombinationen vier unterschiedliche Werte annehmen: Wenn kein Taster gedrückt ist, wirkt die Reihenschaltung aus R2 und R3 (133 kΩ). Wenn beide Taster gedrückt sind, ist die Parallelschaltung aus R1 und R2 wirksam (31,5 kΩ). Drückt man nur Ta1, dann liegt R1 parallel zu der Reihenschaltung aus R2 und R3 (111 kΩ). Wenn nur Ta2 gedrückt wird, wirkt nur R2 (33 kΩ)."

Da Robert wissend nickt, stellt ihn Armstrong auf die Probe: „Kannst du lediglich anhand der genannten Ohm-Werte entscheiden, welche Taster du nacheinander drücken mußt, damit eine Reihe immer höher werdender Töne entsteht?" Für Robert kein Problem: „Wer Ihren Kurs bis hierher sorgfältig verfolgt hat, bringt das leicht heraus."

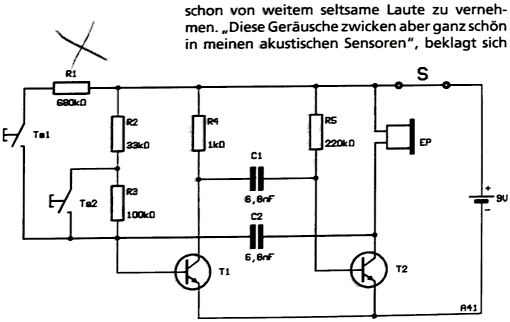
„Darf ich", bietet Dan an, „Euch ins Studio 313 geleiten? Dort läuft gerade die Aufzeichnung eines Beitrages für die Abenteuerserie 'Wunder der Erde – Wunder des Alls'." Aus „S 313" sind schon von weitem seltsame Laute zu vernehmen. „Diese Geräusche zwicken aber ganz schön in meinen akustischen Sensoren", beklagt sich Robert. „Der optische Genuß aber wird dich versöhnen", verspricht Dan Movie.

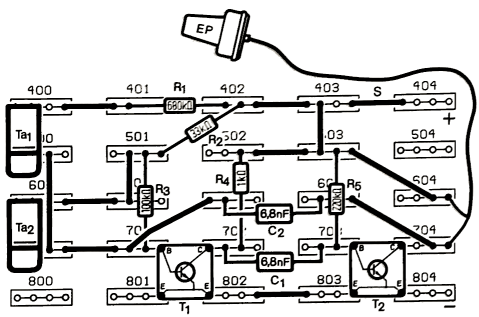
Hinter einer dicken Panzerglasscheibe sitzt mit verschränkten Beinen ein Mann, dessen Kopf von einem gewaltigen Turban geziert wird. Vor ihm steht ein geflochtener Korb, dem sich im Takt der Musik eine furchterregende Venus-Viper entwindet. Die Schlange tanzt hin und her, greift aber den Musikanten nicht an.

„In meinem Wissensspeicher", gibt M-3 zum besten, „finde ich unter 'Schlangenbeschwörung' den Hinweis, daß Flötentöne eine beruhigende Wirkung auf gefährliche Schlangen ausüben können. Ich sehe aber im Studio weit und breit keine Flöte!"

„Schau mal genau hin", fordert ihn Dan auf, „der Magier hat ein kleines Kästchen in der Hand, an dem zwei Taster zu erkennen sind. Damit spielt er die Melodie, die dir zwar grell erscheint, der Viper aber offenbar gefällt."

„Sollte man nicht immer ein solches Gerät bei sich haben, falls einem eine Venus-Viper über den Weg läuft?" fragt Robert besorgt. „Die Gefahr, einer Schlange zu begegnen, ist nicht besonders groß", beruhigt ihn Armstrong. „Das sollte uns aber nicht daran hindern, einen Vier-Ton-Schlangen-Beschwörungs-Apparat zu bauen."





103 Er steckt die Schaltung entsprechend der Skizze unten zusammen, zunächst ohne Schalterbrücke S.

Robert ist zu voreilig und drückt auf den Schaltern herum. Natürlich tut sich nichts, denn es fehlt ja die Spannungsquelle.

104 Doch dann steckt Armstrong S ein. Sofort ist aus dem Ohrhörer ein tiefer Ton zu vernehmen.

105 M-3 probiert wieder aus, was die Tasten bewirken. Zuerst drückt er auf Ta1.

Jetzt ist ein anderer Ton zu hören; er ist höher als der vorherige.

106 Natürlich fingert Robert auch am Taster Ta2 herum.

Der nun erschallende Ton liegt noch ein bißchen höher als die beiden vorhergehenden.

107 Schließlich legt M-3 seine Greiffinger auf Ta1 und Ta2 gleichzeitig.

Der letzte Ton, den diese Schaltung herstellen kann, ist der höchste von allen.

Robert spielt eine ganze Weile mit den Tasten, bis er eine hübsche kleine Melodie zusammengebastelt hat. Zuguterletzt will er natürlich noch wissen, wie die Schaltung funktioniert.

Natürlich leuchtet auch über der Tür dieses Studios eine Warndiode, solange die Aufnahme läuft. „Hast du dir eigentlich schon einmal überlegt", testet Armstrong seinen Assistenten, „wie diese Leuchte geschaltet wird?" Ohne viel nachzudenken, antwortet M-3: „Tja, ich nehme doch an, daß der Regisseur mit einem Kippschalter die Lampe an und aus macht."

„Weit gefehlt", mischt sich Movie ein, „in der Studiohektik hat erst neulich ein Regieassistent seine Tasse auf den Kippschalter gestellt. Weil der Eintritt nicht verboten war, stürmte eine Horde Jungroboter herein und schmiß die ganze Aufnahme."

„Ich vermute", sagt Armstrong, „der Regisseur hat in diesem Fall zwei Schalter neben seinem Stuhl. Einen kleinen für die Aufnahmezeiten und einen großen für die Pausen." Dan stimmt zu: „Genau! So kann er sichergehen, daß immer alles nach seiner Pfeife oder seinem Schalter tanzt!"

„Könnte mal einer der Herren einem kleinen, dummen Roboter erklären, wie das funktionieren soll?" unterbricht Robert die beiden Fachleute. „Aber klar", wendet sich ihm Armstrong zu, „die Schaltung müßte ich in meiner Tasche haben."

108 Armstrong steckt sie Schaltung so zusammen, wie sie rechts unten abgedruckt ist.

„Eigentlich müßte dir diese Schaltung bekannt vorkommen. Na, geht dir ein Licht auf?" M-3 grübelt: „Dazu müßte ich sie erst ausprobieren!"

109 Er drückt zuerst auf den Taster Ta1, dann auf den Taster Ta2.

Ta2 schaltet die Diode immer nur an, Ta1 immer nur aus. Brennt die Leuchtdiode bereits, ändert ein Betätigen von Ta2 nichts; ist sie bereits ausgeschaltet, kann man auf Ta1 so oft drücken, wie man will: Nichts tut sich.

Roberts Schaltkreise laufen warm, dann kommt das Aha-Erlebnis: „Ach so, die Flipflop-Schaltung!" „Genau", bestätigt der Professor, „drückt man Ta2, sperrt T2; T1 leitet dann, und durch die Diode kann ein Strom fließen. Drückt man hingegen Ta1, dann sperrt T1, und die Leuchtdiode geht wieder aus. Nun ist T2 leitend und hält T1 gesperrt."

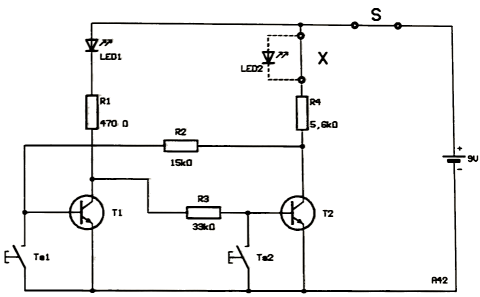
„Eigentlich simpel", bemerkt Robert wissend und geht weiter. „Und was ist dann das hier?" fragt er, als er vor einer offenen Schleusentür steht, an der zwei Schalter, eine rote und eine grüne LED angebracht sind. Die grüne Diode leuchtet. „Tja", schmunzelt der Professor, „das ist eigentlich auch ganz einfach."

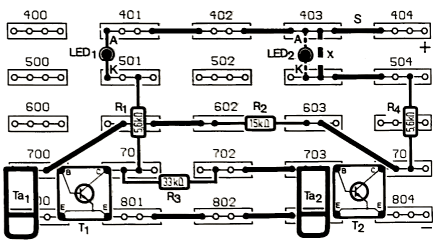
Sie treten in die Schleuse. Dan drückt auf den ersten Schalter. Die Tür schließt sich; die grüne Leuchtdiode geht aus, das rote dafür an und signalisiert: Schleuse besetzt. Zum Öffnen der Tür drückt Movie den anderen Schalter; die rote Diode geht aus, die grüne wieder an und zeigt: Schleuse frei.

„Wir hatten sehr viele Schwierigkeiten mit den Elektronikläusen, die eines Tages ins Studio eingeschleppt wurden. Um zu verhindern, daß das nochmal passiert, wurde diese Schleuse eingerichtet." Robert versteht nun zwar den Sinn, aber die Schaltung bleibt ihm ein Rätsel.

110 „Ich stecke als R4", erläutert Armstrong, „einen Widerstand mit 470 Ω (gelb-violett-braun), ziehe die Drahtbrücke X heraus und setze stattdessen die in der Abbildung gestrichelt eingezeichnete, grüne LED ein."

„Und schon tritt der gewünschte Effekt ein", erkennt nun auch M-3, „der eine Taster schaltet immer nur die grüne, der andere immer nur die rote Leuchtdiode an. Brennt die zugehörige Diode bereits, bewirkt weiteres Tasten nichts."





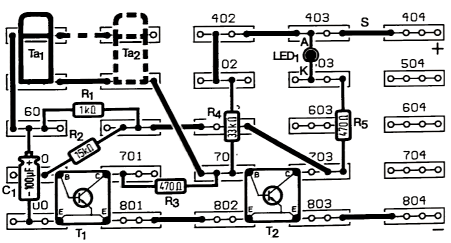
Dieser Schalter kann beides

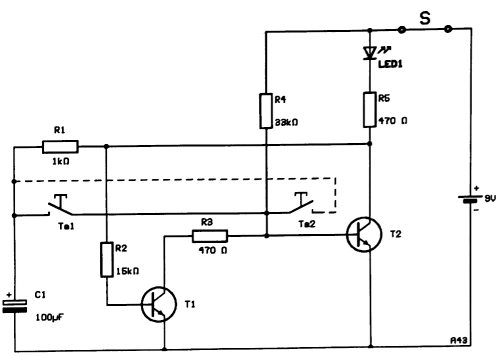
„Mister Movie", verabschieden sich Robert und Armstrong von ihrem freundlichen Begleiter, „leider müssen wir schon wieder weiter. Aber es war ein schöner und spannender Aufenthalt in Ihrer Abteilung!"

„Ist jetzt nicht 'Saturn' dran?" erinnert sich M-3 an die Ankündigung des Professors. „Wie kommen wir denn da hin?" Dan hilft dem Roboter, den Weg zu programmieren: „Auf jeden Fall mußt Ihr zuallererst durch den langen, schmalen, dunklen Gang dort. Der Lichtschalter ist gleich vorne links. Und macht die Leuchtdioden auch wieder aus, wenn Ihr 'Pluto' verlaßt!" Zum Abschied drückt er ihnen noch einen elektronischen Aufbau in die Hand: „Ihr werdet schon noch sehen, wozu Ihr ihn brauchen könnt."

Tatsächlich finden der Professor und sein Assistent am Ausgang den von Dan erwähnten Lichtschalter. M-3 drückt die Taste, das Licht geht an. Er drückt sie nochmals, und das Licht verlischt wieder. Erneutes Drücken beleuchtet ihren Weg. Am Ende des Ganges müssen sie nur auf den zweiten Knopf drücken, um des Licht auszumachen, wie es ihnen Movie gesagt hatte.

„Moment mal", dämmert es Armstrong, der noch immer den Aufbau in der Hand hält, den er von Movie bekommen hat. „Das ist doch...", betrachtet er die Platte von allen Seiten.





111 „Das ist doch ein elektronischer Wechselschalter – wie hier im Gang!" Er sieht genau so aus wie das Bild unten, enthält also noch nicht die gestrichelt gezeichneten Teile.

Auch M-3 inspiziert den Aufbau: „Funktioniert er auch so?"

112 Der Roboter drückt mehrmals auf den Taster Ta1.

Das Licht geht an und wieder aus, an, aus: Nach jedem Tastendruck ändert sich sein Zustand.

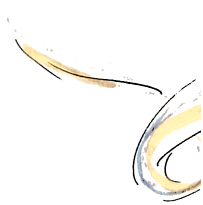
„Ein Wechselschalter ist das aber noch nicht", beklagt sich Robert. „Aber viel fehlt nicht", teilt Armstrong mit.

113 Der Professor baut den in der Zeichnung gestrichelt angelegten Taster Ta2 einschließlich der zugehörigen Verbindungsdrähte zusätzlich ein.

M-3 testet auch die erweiterte Schaltung: „Brennt die Diode nicht, dann geht sie auf Tastendruck an – gleichgültig, welche Taste ich bediene. Das gleiche gilt umgekehrt: Leuchtet die Diode, dann kann ich sie mit einem Tastendruck von jedem beliebigen Schalter wieder ausmachen – ideal!"

„Und", will Armstrong wissen, „hast du auch verstanden, warum das so ist?" Nach kurzem Nachdenken ist's M-3 klar: „Das ist doch schon wieder ein Flipflop! Die Taster Ta1 und Ta2 sind parallel geschaltet. Zunächst sperrt der Transistor T2; dadurch lädt sich der Kondensator C1 über R1, R5 und die Leuchtdiode LED1 auf. Jeder Tastendruck führt dazu, daß Strom von C1 in die Basis von T2 fließt, der dann leitet. Nach dem nächsten Tastendruck ist der (leere) Kondensator dafür zuständig, daß T2 sperrt: Der Ausgangszustand ist wieder erreicht."

„Gut gemacht, Robert", lobt der Professor, „nach dieser Arbeit können wir uns ins Vergnügen stürzen."



Die Abteilung „Saturn": ein himmlischer Freizeitpark

„Hier auf 'Saturn' vergnügen sich Menschen und Roboter", erzählt Armstrong. Robert läßt seine Optosensoren einen Rundumblick machen. Überall sieht er helle Leuchtreklamen, die die verschiedensten Lustbarkeiten anzeigen. Hier wirbt ein Kino mit dem 4-D-Film: „AT – der Außerallische"; dort blitzen die schnellen Lichterketten der Weltraumdisco „Meteor" und der Tanzhalle „Wiegeschritt". Ein Reisebüro verheißt Abenteuerurlaub in den Marskanälen.

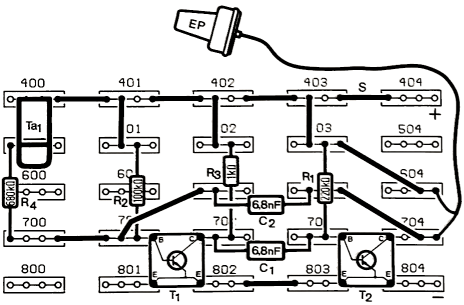
„Ich denke, wir gehen erstmal ins gemütliche 'Café Kassiopeia' und genehmigen uns ein Täßchen Cappuccino", schlägt der Professor vor. Dieses reizt nun Robert überhaupt nicht, denn Roboter verschmähen jegliche Art von Speisen und Getränken; sie wundern sich stets über den seltsamen Drang der Menschen zu diesen „Genüssen". Zielsicher steuert M-3 auf die Halle mit den Computerspielen zu. „Space Games" und „All-Fun" verspricht die Werbetafel. Der Professor kann sich seinen Kaffee abschminken.

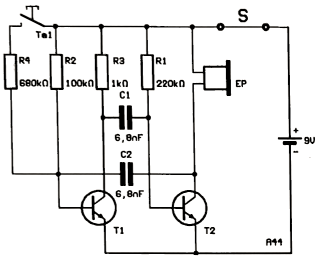
Als der Professor, M-3 folgend, die Spielhalle betritt, ist Robert schon mit einem „Fliper-Floper" beschäftigt. Die Kugel rollt hin und her, gelegentlich zeigt ein Surren des Zählwerks Erfolge an. Das Klingeln und Piepsen des Geräts begeistert den Roboter, was Armstrong am lauten Zischen erkennt. Als Roberts „Sssss" nachläßt, eilt er zu einem Bildschirm; hier gilt es, in möglichst kurzer Zeit Elektronikläuse mit einer immer kleiner werdenden optischen Lausklatsche zu erwischen. In Windeseile hat M-3 allerdings das Prinzip durchschaut und beginnt sich zu langweilen. Doch dann fällt ihm das Plakat einer „spiralnebel-gigantischen" Go-Cart-Bahn in den Optosensor. „Das wär doch was für mich!" ruft der begeisterte Roboter aus und rollt den Hinweispfeilen nach – am Café vorbei. Der Professor kommt heute nicht mehr zu seinem Kaffee.

Schon hat Robert eines der abenteuerlichen, solarbetriebenen Gefährte bestiegen und ist gestartet. Der Renner rast durch den ringförmigen Glastunnel, der die ganze Abteilung umgibt. Zwei, drei Runden dreht M-3 mit quietschenden Reifen, dann steuert er mit lautem Sirenengeheul die Boxen an. Ein leichter Schleier liegt über seinen Optosensoren. „Trotz Führerscheinspeicher im Wissensprogramm ist's halt doch nicht so einfach, ein Auto sinnvoll zu bedienen", spottet der Professor.

„Hat es deine Transistoren so sehr durchgeschüttelt, daß du nicht einmal mehr fragst, wie die elektronische Warnsirene des Go-Carts funktioniert?" wundert sich der Professor.

Schrill, schriller, am schrillsten





Robert drückt noch einmal auf die Sirene des Go-Carts und hört sich deren Klang an. „Es sind zwei verschiedene Töne", stellt er fest. „Genau", bestätigt der Professor, „eine Taste und zwei Töne, wie du gleich sehen wirst."

114 Armstrong holt aus seiner Tasche die nötigen Bauteile. Er steckt sie so zusammen wie oben abgebildet.
Nach Einstecken der Schalterbrücke S ist ein tiefer Ton zu vernehmen.

115 Robert drückt nun vorsichtig auf den Taster Ta1.
Der Ton wird deutlich höher.
„Die Sirene der Go-Carts ist aber viel eindringlicher", kritisiert Robert. „Mit einem kleinen Umbau erreichen wir ein ähnlich schrilles Signal", erklärt der Professor.

116 Er ersetzt den Widerstand R4 durch einen 33-kΩ-Widerstand (orange-orange-orange). Beim Drücken des Tasters wird der Ton noch viel höher.
„Jetzt klingt es ganz ähnlich", bestätigt M-3.

Elektronik überführt Lügner

„Sag die Wahrheit!" ruft ein Marktschreier, der an einer Straßenecke steht. „Dies ist keine Aufforderung", weiß Armstrong noch von seinem letzten Besuch, „sondern ein Spiel."
Robert rollt näher ans Geschehen. Gerne setzt sich immer wieder ein Erholungsuchender auf den „Wahrheitsstuhl" und beantwortet mehr oder minder peinliche Fragen. Sobald er sich an der Wahrheit vorbei bewegt, schlägt die Anzeige eines elektronischen Geräts aus; aus dem aufgehängten Lautsprecher tönt in diesem Fall ein höher werdender Ton.
Robert schleicht sich von hinten an die Apparatur und analysiert ihren Aufbau. „Wenn das nicht exakt die Kiwiinstrument-Schaltung ist, dann soll mich doch gleich der dreifache Blitz treffen", ruft er dem Professor zu.
Er nimmt aus Armstrongs Tasche die benötigten Bauteile und steckt die Schaltung (wie auf Seite 40 beschrieben) zusammen. „Darf ich Sie einmal testen", wendet er sich an Armstrong. „Na wenn's denn sein muß", stöhnt der Professor.

117 Robert befestigt mit je einem Klebestreifen die blanken Drahtenden an den Handinnenflächen des Professors.
„Halten Sie mich für einen guten Assistenten?" beginnt M-3 die Befragung. Ohne nachzudenken antwortet Armstrong mit einem klaren „Ja". Da der Ton aus dem Lautsprecher nicht nach oben geht, muß diese Aussage wohl der Wahrheit entsprechen.
„Waren Sie einst ein guter Schüler?" will nun Robert wissen. „Na ja, schon", druckst der Professor herum. „Überführt!" johlt Robert, denn ein hoher Lautsprecherton zeigt, daß der Professor in Verlegenheit gekommen ist und nicht die Wahrheit gesagt hat.
„Genug davon", beendet der Professor das Verhör. „Jetzt will ich dich mal etwas fragen: Wie funktioniert der Lügendetektor?" Kein Problem für Robert: „Der Schweiß Ihrer Hände hat den Widerstand zwischen A und B der Schaltung verringert. Sie schwingt deshalb schneller und läßt einen höheren Ton entstehen."
„Jetzt mußt du dich aber an das Gerät anschließen lassen", fordert der Professor. „Das hat keine Wert", erwidert M-3, „denn erstens schwitzen Roboter nicht und zweitens sagen sie immer die Wahrheit.

An der nächsten Straßenecke rempelt der in Gedanken versunkene Professor einen Mann an, dessen seltsames Äußeres so auffällig ist, daß Armstrong ihn eigentlich hätte sehen müssen. „Da soll mich doch ein Stromstoß zwicken, wenn das nicht der gute alte Sirius ist", tönt ihnen der Herr mit spitzer Mütze und sternengeschmücktem, dunkelblauem Umhang entgegen.

„Hokus, wie lange haben wir uns schon nicht mehr gesehen?" freut sich Armstrong. „Darf ich den größten Zauberer dieser Milchstraße vorstellen: Hokus Pokus, mit bürgerlichem Namen Paul Maier. Und das hier", er zeigt auf Robert, „ist mein neuer Assistent Robert M-3, frisch von der Erde." Hokus begrüßt M-3: „Angenehm, so einen könnte ich auch gebrauchen." Robert nimmt das als Kompliment und surrt stolz.

„Was machst du denn hier oben?" will Armstrong von dem Zauberer wissen. „Seit einigen Monaten habe ich hier in 'Saturn' eine eigene Zaubershow", berichtet der Magier. „Und, machst du immer noch deine elektronischen Tricks?" interessiert sich Armstrong. „Aber sicher! Kommt doch einfach heute abend zu meinem Auftritt", lädt sie Pokus ein, „vielleicht durchschaut ihr sogar den einen oder anderen Trick."

Nach einer faszinierenden Darbietung im festlich geschmückten Zaubersaal präsentiert Hokus den Höhepunkt seiner Show: Wie von Geisterhand gesteuert, verlischt langsam eine rote Leuchtdiode, während gleichzeitig eine grüne LED ihre Leuchtkraft verstärkt.

Nachdem der rauschende Applaus abgeklungen ist, gehen Armstrong und Robert in Hokus' Garderobe. „Wie war das mit der Schlußnummer?" fällt M-3 mit der Tür ins Haus. „Selber denken macht schlau", witzelt Hokus und wirft eine Handvoll Bauteile auf den Schminktisch. „Es geht 'nur' darum, diese Teile sinnvoll zusammenzustecken." Lange puzzelt Robert, dann hat er einen Vorschlag.

118 Er präsentiert seinen Aufbau, der den Plänen oben entspricht, wobei die Widerstände R4 und R6 sowie T2 und LED 2 noch nicht eingesetzt sind.

Hokus prüft den Aufbau und meint: „Gar nicht schlecht, für den Anfang."

119 „Das Beste kommt ja noch", kündigt Robert an und betätigt den Taster Ta1.

Die rote Leuchtdiode glimmt und steigert sanft ihr Leuchten.

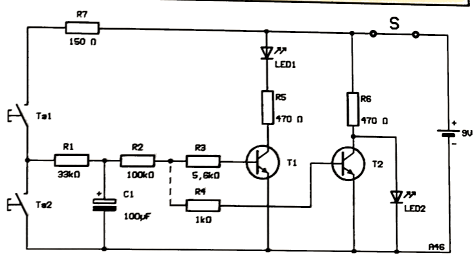
120 „Und weiter geht's", begeistert sich Robert und drückt die Taste Ta2.

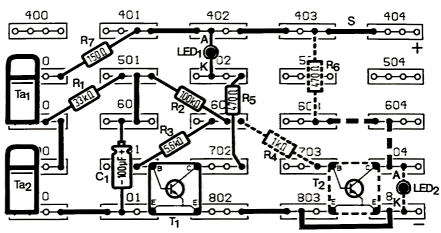
Ebenso sanft geht nun die rote Leuchtdiode wieder aus.

121 Jetzt greift der Professor ins Geschehen ein und steckt die bisher weggelassenen Teile in die Schaltung.

Nach Tastendruck wird die rote Diode immer heller, während gleichzeitig die grüne dunkler wird – und umgekehrt.

122 „Noch spektakulärer zeigt sich der Effekt", betont Hokus, „wenn ich als C1 einen Kondensator mit 10 µF einsetze."



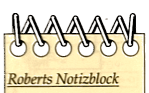


Tatsächlich laufen jetzt die Übergänge zwischen den Farben schneller ab.

„Jetzt fehlt mir nur noch die Erklärung", meint Hokus. „Na, Robert, wie wär's?"

„Also gut", nickt M-3. „Zunächst nehme ich mal an, der zweite Teil der Schaltung sei noch nicht zusammengesteckt. Man sieht, daß der Kondensator C1 über R1 aufgeladen und auch wieder entladen werden kann. Beim Druck auf Ta1 lädt er sich langsam auf, bei Druck auf Ta2 entlädt er sich genauso langsam wieder. Was am Kondensator passiert, teilt sich über R2 und R3 auch der Basis von T1 mit: Wenn der Kondensator einigermaßen voll geladen ist, zweigt ein Teil des durch R1 fließenden Stroms zur Basis ab, und T1 leitet. Die rote LED geht an. Beim Drücken von Ta2 wird der Kondensator wieder entladen, so daß bald gar kein Strom mehr in die Basis von T1 fließt; er beginnt zu sperren."

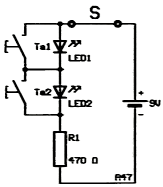
Jetzt muß Robert erst mal überlegen, doch dann hat er auch den zweiten Teil der Erklärung: „Wenn die Zusatzteile eingesteckt werden, ändert sich am vorderen Teil der Schaltung überhaupt nichts. Es wird lediglich noch für die Basis von T2 ein bißchen Strom abgezwackt. T2 wird dadurch ebenfalls leitend, wenn T1 leitet; er sperrt, wenn T1 sperrt. Aufgrund der Parallelschaltung von Transistor und Leuchtdiode ergibt sich, daß die grüne LED2 leuchtet, wenn T2 sperrt und ausgeht, wenn T2 leitet."

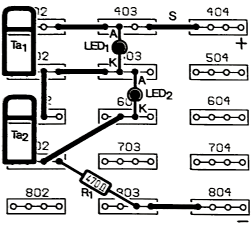


Roberts Notizblock

Am besten sind die Farbeffekte in einem abgedunkelten Zimmer zu beobachten.

Das erste Lichtspiel des Magiers

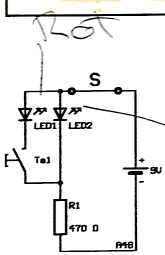


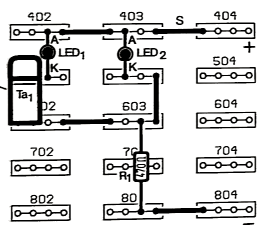


„Rote und grüne Dioden sind mein Faible", beichtet der Zauberer Hokus Pokus, „deswegen habe ich eine ganze Reihe von Schaltungen entwickelt, wie man sie an- und ausschalten kann."
„Könnten Sie uns möglicherweise die eine oder andere davon zeigen?" fragt Robert.

123 „Überhaupt kein Problem", meint Pokus und baut eine Schaltung entsprechend der Abbildung links zusammen.
Wird keine Taste gedrückt, so leuchten beide Dioden. Druck auf Ta2 läßt die grüne Diode verlöschen, Druck auf Ta1 hingegen die rote. Drückt man beide Tasten, so ist es aus mit dem Farbzauber: Beide Dioden verlöschen.
„Die Erklärung hierfür ist ganz einfach", erläutert der Zauberer: „Bei Tastendruck fließt jeweils der Strom durch die Taste quasi um die Diode herum."

Diode wechsle dich



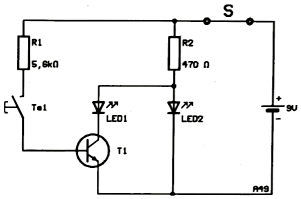


„Ich hätte da noch was Nettes auf Lager", kündigt Pokus an. „Worauf warten wir noch?" drängt der neugierige Roboter.

124 Pokus steckt auch diesen Aufbau zusammen. Er sieht so aus wie die Zeichnung oben.
Nach Einstrecken der Schalterbrücke S leuchtet die grüne Diode, wohingegen die rote abgeschaltet bleibt. Sobald Robert die Taste drückt, verlischt die grüne Diode, dafür geht die rote an.
„Das kann ich mir selbst zusammenreimen", sagt Robert: „Solange Ta1 offen ist, fließt der Strom ausschließlich durch die grüne Diode und bringt sie zum Leuchten. Schließe ich Ta1, so kommt es zu einem Stromfluß – 'um die grüne Diode herum' – durch die Taste und die rote Diode, die dadurch leuchtet. Warum der Strom lieber durch die rote als durch die grüne LED fließt, müßte daran liegen, daß die grüne LED einen hören 'inneren Widerstand' hat als die rote." Das kann Pokus nur bestätigen.

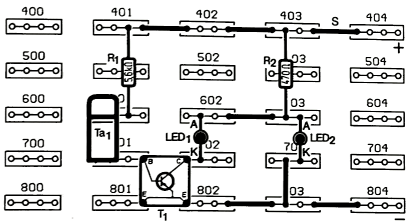
Der Transistor hilft beim Ein und Aus

„Selbstverständlich ist es auch möglich", weiß der Magier, „die funkelnden Leuchtdioden mit Hilfe eines Transistors anzusteuern." Robert meint: „Sie haben jetzt genug getan. Lassen Sie mich doch einfach den Aufbau machen."



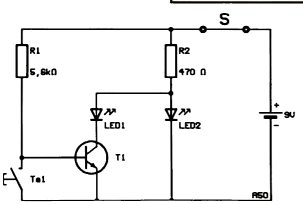
125 Roberts Schaltung sieht genau so aus wie der Aufbau rechts.

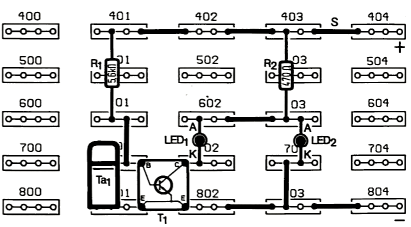
Solange der Taster Ta1 nicht gedrückt wird, leuchtet die grüne Diode, die rote hingegen gibt keinerlei Licht ab. Wenn Robert mit seinem Greiffinger auf die Taste drückt, springt die rote Diode an, und die grüne macht Pause.



„Bei offenem Schalter", schlägt M-3 als Erläuterung vor, „fließt Strom über R2 durch die grüne Diode. Tastendruck sorgt für einen Basisstrom von T1, die Kollektor-Emitter-Strecke des Transistors wird leitend. Dadurch kann Strom durch die rote Diode und um die grüne herum fließen." Armstrong zeigt sich mit der Erklärung seines Assistenten zufrieden.

Der Transistor kann's auch andersrum





126 Er beweist dies mit einer Schaltung, die der oben stehenden entspricht.

Im Urzustand, bei offenem Taster, strahlt die rote Leuchtdiode, die grüne zeigt gar nichts. „Und wenn ich jetzt", vermutet Robert, „die Taste betätige, wird 'Rot' verlöschen, während 'Grün' anspringen wird." Der Versuch gibt ihm recht.

„Auch diesen Aufbau verstehe ich auf Anhieb", triumphiert M-3. „Ist Ta1 offen, fließt ein Basisstrom zu T1. Dieser leitet und läßt Stromfluß durch die rote Diode zu. Bei geschlossenem Taster fließt der Strom 'um den Transistor herum', T1 sperrt und hindert die rote Diode am Leuchten. Der Strom zirkuliert in einem einfachen kleinen Stromkreis durch die grüne Leuchtdiode; sie strahlt in hellstem Licht." Geheimnisvoll deutet der Zauberer an, daß man den Transistor auch so einsetzen könne, daß der genau umgekehrte Effekt eintritt.

Die Abteilung „Merkur": Weltraum-Voltasium

„Gibt es auf Electronica keine Schulen?" wundert sich Robert. „Natürlich, wir haben Schulen, Hochschulen und sogar ein Voltasium", erzählt Armstrong. „Ein Volta-was?" stutzt M-3. „Ein Voltasium! Eine hohe Schule, in der Roboter und Menschen die hohe Schule der Elektronik kennenlernen. Die meisten Ausbildungsstätten sind übrigens in der Abteilung 'Merkur' untergebracht."

„Und wenn Sie mir einfach mal das Voltasium von innen zeigen könnten..." regt Robert an. Gesagt getan.

Im großen Hörsaal des Voltasiums sitzen junge Menschen und Roboter in buntgemischter Reihe. Die riesige Wandtafel ist übersät mit Formeln, Skizzen und Schaltplänen. Professor Kurt Welle erläutert gerade eine Alarmanlagen-Schaltung.

Robert und der Professor nehmen unauffällig in der letzten Bankreihe Platz. Nach ein paar Minuten summt der Nebensitzer von Robert ihn freundlich an: „Wer bist du denn, dich kenne ich ja gar nicht, bist du nicht auch ein M-3? Ich stamme aus der gleichen Baureihe und heiße Siegfried. Ich werde hier zum Elektronik-Fachroboter ausgebildet." Tuschelnd kommen die beiden Brüder ins Gespräch.

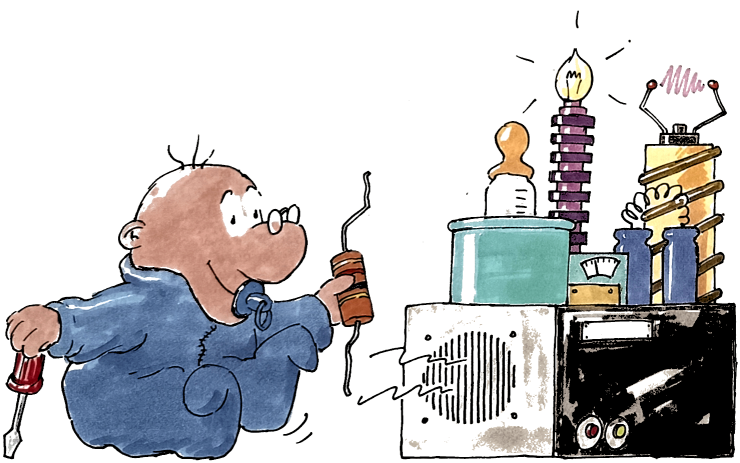
In der Zwischenzeit hat Armstrong aus seinem Bauteilekoffer einige Stücke entnommen und steckt versonnen eine Alarmanlage zusammen. „Na, Herr Kollege, Sie trauen wohl meinen Schaltungen nicht?" fragt ihn Kurt Welle, als er den heimlichen Bastler entdeckt. Armstrong bekommt einen hochroten Kopf und versucht, schnell die Schaltung verschwinden zu lassen.

„Aber, aber mein Lieber, das sieht doch für den Anfang nicht schlecht aus. Freilich könnte man den Aufbau noch etwas eleganter planen und die Teile sauberer stecken. Aber Sie sind ja dazu da, daß Sie das lernen."

Roberts Kichern läßt sich als feines Zischen hören. So langsam kommt Welle die Sache ein bißchen seltsam vor: „Ich habe Sie eigentlich hier noch nie gesehen. Wohl sämtliche Vorlesungen geschwänzt? Wahrscheinlich im Freizeitpark 'Saturn' herumgetrieben? Wie heißen Sie eigentlich?" fragt Welle streng.

„Armstrong ist der Name, Sirius", stellt sich der falsche Schüler vor. „Sie sind doch nicht etwa der Sirius Armstrong, der..." nun ist es an Welle, rot zu werden. Die Studenten um sie herum lachen und quietschen, und auch die beiden Professoren prusten los. Da hatte doch Professor Welle dem hochgeschätzten Professor Armstrong erklären wollen, wie man eine Alarmanlage schaltet! Robert zischt natürlich am lautesten, na also, auch Professoren können sich täuschen.

„Nun, Herr Kollege, wenn Sie schon mal hier sind, könnten Sie mir eigentlich bei den Vorlesungen heute ein bißchen helfen", schlägt Welle vor. Die Studenten applaudieren, denn wann bekommt man schon einmal die Chance, gleich zwei Top-Experten vor sich zu haben – und das an einem Tag, an dem noch besonders spannende und nützliche Experimente auf dem Programm stehen.



So stehen nun die beiden Professoren vor den Studentinnen und Studenten, Roboterinnen und Robotern. „Wir wurden", fährt Welle lächelnd fort, „ja bei der Erläuterung einer Alarmanlage unterbrochen. Wenn Sie gerade mal hierher schauen wollen", sagt er und zeigt auf einen Schaltplan an der Tafel.

127 Schaltplan und Aufbauskizze entsprechen den rechts abgedruckten.

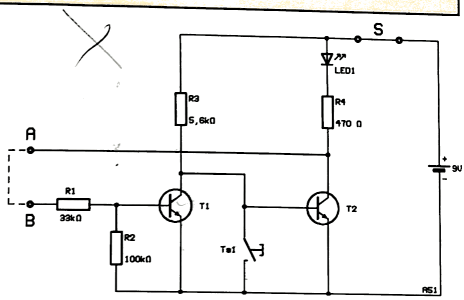
„Wenn wir mit dieser Anlage besonders wichtige Räume, zum Beispiel die Sauerstofflager, schützen wollen, verfahren wir folgendermaßen", macht Welle die Funktion klar: „Wir nehmen die Enden der an A und B angeschlossenen Leitungen und machen sie mit zwei blanken Reißzwecken fest. Zwischen die Reißnägel klemmen wir ein Stück Aluminiumfolie."

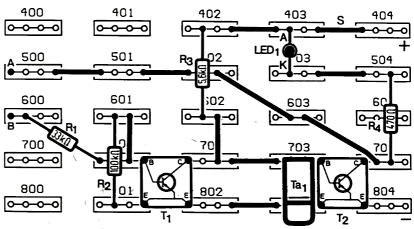
„Und wo bekommen wir ein solches Metallblättchen her?" meldet sich Siegfried zu Wort. „Wenden Sie sich vertrauensvoll an einen Menschen, der gerade ein Stück Schokolade verzehrt", empfiehlt Armstrong, „er wird Ihnen sicher gerne ein Stück der Einpackfolie abtreten."

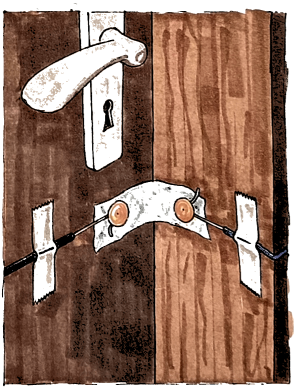
„Wenn wir die Batterie anschließen, leuchtet die Diode auf", fährt Welle fort, „nach Drücken des Tasters Ta verlischt die Leuchtdiode. Die Anlage wartet jetzt nur darauf, in Anspruch genommen zu werden."

128 Armstrong zerreißt die Folie und unterbricht damit den Alarmkontakt.

Als Alarmsignal leuchtet jetzt tatsächlich die rote Diode auf.







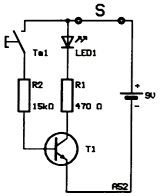
„Wollen wir diese Alarmanlage wirklich dazu nutzen, eine Tür zu sichern", erklärt Welle, „so müssen wir die erste Reißzwecke mit dem Anschlußdraht von A und dem einen Ende der Alufolie beispielsweise am Türrahmen befestigen; Zwecke zwo mit dem Draht von B und dem anderen Ende des Kontaktstreifens steckt an der geschlossenen Tür."

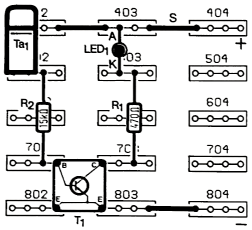
Es platzt aus Robert heraus: „Und sobald ein Eindringling die Tür öffnet, zerreißt er unabsichtlich die Alufolie und löst Alarm aus."

Aufgefordert von Welle übernimmt es Armstrong gern, die elektronische Erklärung beizusteuern: „Wenn wir das Gerät durch Drücken des Tasters 'scharf' gemacht haben, zeigt sich folgender Zustand: T2 sperrt; über die Diode, R4, den Alustreifen und R1 fließt Strom in die Basis von T1. Dieser leitet und zwingt T2 dazu, weiterhin zu sperren. Unterbricht ein Einbrecher den Kontakt zwischen A und B, erhält T1 keinen Basisstrom mehr: Er sperrt. Jetzt bekommt T2 über R3 etwas Strom in die Basis und leitet. Logischerweise leuchtet die Diode. Selbst wenn man nun den Kontakt A-B wiederherstellen würde, bliebe die Leuchtdiode an."

„Wenn also der Einbrecher", ergänzt Welle, „eiligst den Kontakt wieder zu schließen versucht, nützt ihm dies nichts. Die Alarmleuchte bleibt auf jeden Fall an."

Mit Transistor: JA





Nach einer Pause, in der sich Robert ausgezeichnet mit Siegfried unterhalten hat, treffen die Wißbegierigen wieder im Hörsaal ein. „Jetzt soll es", beginnt Welle diesen Kursteil, „um die Logik gehen, mit der Computer 'denken'."

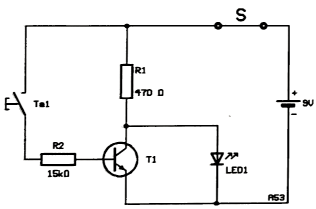
„Puh, das wird für mich sicher langweilig", murmelt Robert zu seinem Banknachbarn, „das habe ich alles schon mal gehört."

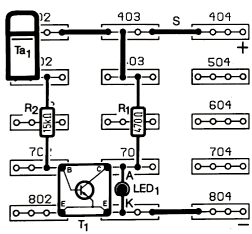
129 Welle zaubert eine Aufbauskizze an die Tafel, die der Zeichnung links haargenau entspricht. „Das ist eine JA-Schaltung", belehrt er seine Schüler.

„Die sieht aber ganz anders aus als die JA-Schaltung, die ich kenne", meint Robert etwas zu laut. Armstrong hat seinen Einwand gehört: „Genau, denn wir bauen jetzt die sechs Computerlogik-Schaltungen mit Hilfe von Transistoren auf."

„Aber das Prinzip bleibt das gleiche", ergänzt Welle: „Ist der Taster gedrückt, so leuchtet die Diode; ist er nicht gedrückt, leuchtet die Diode nicht."

NEIN und abermals NEIN



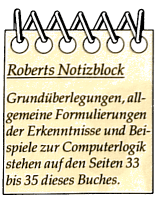


„Wenn's eine JA-Schaltung gibt, gibt's bestimmt auch eine NEIN-Schaltung", vermutet der schlaue Roboter Siegfried.

130 Und recht hat er. Welle baut die NEIN-Schaltung so auf, wie es die Zeichnung rechts zeigt.

„Dieses Gegenteil einer JA-Schaltung funktioniert so", erläutert Armstrong: „Ist der Taster gedrückt, leuchtet die Diode nicht; wird der Taster nicht gedrückt, dann leuchtet die Diode."

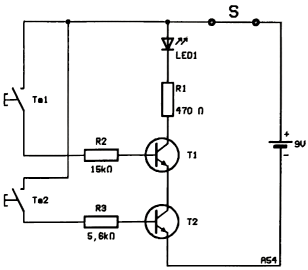
„Die allgemeinen Formulierungen dieser Effekte können wir uns wohl sparen", drängt Robert. „Wir haben sie uns ja schon einmal eindrücklich zu Gemüte geführt."



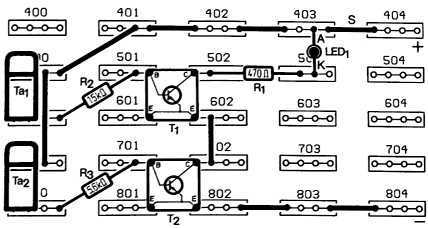
Roberts Notizblock

Grundüberlegungen, allgemeine Formulierungen der Erkenntnisse und Beispiele zur Computerlogik stehen auf den Seiten 33 bis 35 dieses Buches.

Die Diode brennt so UND so



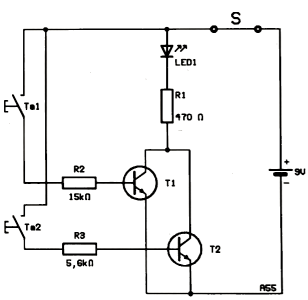
„Meine Damen, meine Herren, liebe Maschinen! Auch die nächste Schaltung ist leicht erklärt", verspricht Welle.

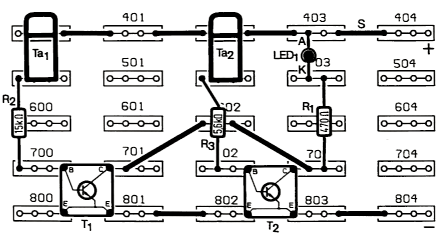


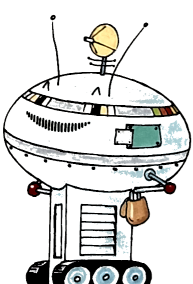
131 Er baut die UND-Schaltung so auf, wie es die Abbildung links zeigt.

Nur wenn beide Tasten, also Ta1 und Ta2, gedrückt werden, strahlt die Diode. In allen anderen Fällen weigert sie sich zu leuchten.

Geht's schon weiter, ODER?





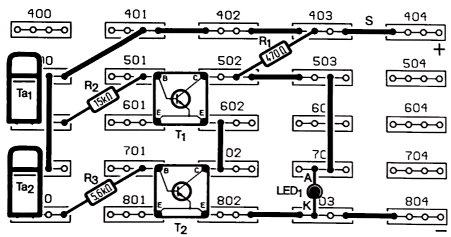


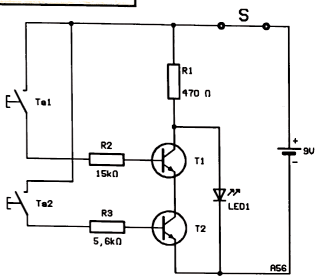
„Mit dem folgenden Aufbau kommen wir im Sauseschritt zur ODER-Schaltung", dirigiert Welle seine Schüler weiter durchs dicht gedrängte Programm.

132 Sein Plan für die ODER-Schaltung entspricht in allen Einzelheiten der links abgedruckten Abbildung.

Armstrong erläutert auch die Funktionsweise dieses Aufbaus: „Wenn Taster Ta1 oder Taster Ta2 oder alle beiden Taster betätigt werden, leuchtet die Diode." Und Siegfried ergänzt, nachdem er an dem Apparat ein bißchen herumgespielt hat: „Nur wenn kein Taster gedrückt wird, bleibt die Diode dunkel."

Genau so UND NICHT anders funktioniert's

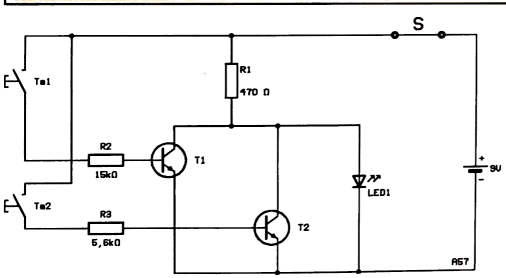


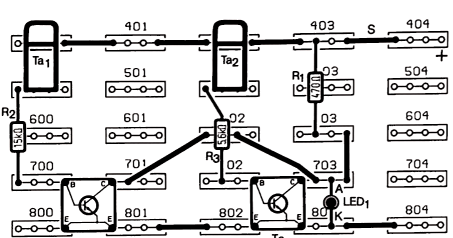


„Ich habe fast den Eindruck", meint Siegfried, „daß wir mit JA, NEIN, UND und ODER alle Möglichkeiten durchgespielt haben."
„Weit gefehlt, lieber Siegfried!" berichtigt ihn Welle.

133 „Jetzt folgt die UND/NICHT-Schaltung." Sie ist oben abgedruckt.
Betätigt man Ta1 und Ta2, dann leuchtet die Diode nicht. In allen anderen Fällen aber läßt sie ihr freundliches Funkeln erstrahlen.
„Ach ja", fällt es Siegfried wie Schuppen von den Optosensoren, „dieses Gegenstück zur UND-Schaltung hatte ich noch vergessen."

War's das jetzt endlich, ODER NICHT



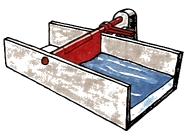


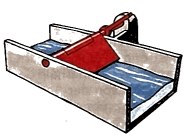
„Selbstverständlich gibt es auch noch ein Gegenstück zur ODER-Schaltung", mischt sich Robert ein. „Es handelt sich um die ODER/NICHT-Schaltung."

134 Zügig baut Robert auch diese sechste und letzte Schaltung zur Computerlogik entsprechend der Abbildung links zusammen.
Nach einer kleinen Testrunde verkündet Siegfried stolz seine Ergebnisse: „Betätige ich Ta1 oder Ta2 oder sogar beide, dann strahlt die Diode nicht."
„Ich glaube, mein Arbeitsspeicher ist jetzt voll", beklagt sich Robert, „das war ein ziemlicher elektronischer Brocken!" Auch Siegfried spricht sich für eine Pause aus. „Also gut", meint Professor Welle, „immerhin haben wir mit diesen sechs Schaltungen die Grundlagen der Computerelektronik kennengelernt, das will schließlich was heißen."

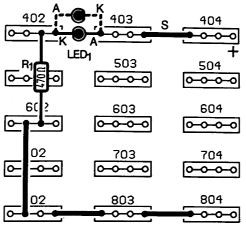
Die Einbahnstraße für Elektronen

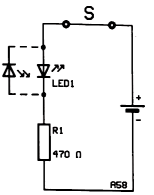
„Dann laßt uns doch etwas Einfacheres angehen", schlägt Armstrong vor, „wir nehmen uns ein Bauteil vor, das wir laufend eingesetzt haben, über dessen genaue Aufgabe wir uns aber noch keine Gedanken gemacht haben: die Diode. Ihre Funktion ist es, in der einen Richtung den Strom passieren zu lassen, ihn in der anderen Richtung jedoch zu blockieren."





Während dieses Vortrags hat Welle zwei Zeichnungen an die Tafel gemalt: „Man kann sich die Diode wie diese Schleuse vorstellen. Wie im oberen Bild deutlich zu sehen ist, wird das Wasser von K nach A blockiert; das untere Bild zeigt, daß das Wasser von A nach K unbehindert fließen kann."





„Aber bisher haben wir noch nie gemerkt, daß unsere Leuchtdiode gesperrt hätte!" fällt Robert auf. „Das liegt ganz einfach daran, daß wir sie immer in 'leitender Richtung' eingesetzt haben", kommentiert Armstrong. „Ein kleiner Versuch gefällig?"

135 Er baut die Demonstrationsschaltung entsprechend der Abbildung oben auf.

„Daß die Diode leuchtet, ist ja logisch, denn sie ist in Durchlaßrichtung eingebaut und läßt den Strom durch sich hindurchfließen", erkennt Siegfried sofort.

136 Nun zieht er die Diode heraus und steckt sie „falsch herum" wieder hinein.

Wie nicht anders zu erwarten, tut sich nichts an der Leuchtdiode, denn sie sperrt ja den Strom.

Roberts Notizblock

Das Gehäuse der Leuchtdiode ist an einer Seite abgeflacht. Diese Abflachung entspricht dem Querbalken im Schaltzeichen. Die Experten nennen diese Seite Katode und kürzen dieses Wort oft mit „K" ab. Eine Diode sperrt immer dann, wenn die Katode Richtung Plus-Pol der Batterie liegt. Entsprechend leitet sie, wenn sie zum Minus-Pol „schaut".

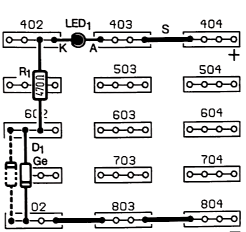
Die Germaniumdiode auf dem Prüfstand

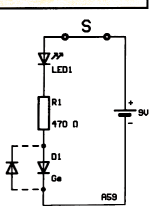
„Nicht alle Dioden leuchten", sagt Welle, „dies hier zum Beispiel ist eine Germaniumdiode. Auch sie blockiert den Strom in eine Richtung, zeigt aber Stromfluß in die andere nicht durch Strahlen an."

137 Um zu testen, ob die Germaniumdiode D1 tatsächlich den Erwartungen entspricht, steckt Welle den rechts abgebildeten Aufbau zusammen.

Die Leuchtdiode leuchtet und signalisiert uns damit, daß die Germaniumdiode in Durchlaßrichtung eingesetzt ist.

138 Frecherweise zieht nun Robert die Germaniumdiode heraus und drückt sie in der „falschen Richtung" in die Steckfedern. Auch hier überrascht das Versuchsergebnis nicht. Die Germaniumdiode sperrt den Strom, und das „Anzeigeinstrument Leuchtdiode" bleibt dunkel.

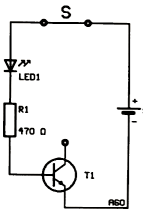




Roberts Notizblock

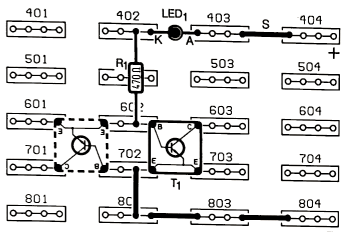
Dort, wo die Katode der Germaniumdiode sitzt, trägt sie auf ihrem Glaskörper einen schwarzen Ring. Das heißt: Sie sperrt, wenn der schwarze Ring Richtung Plus-Pol der Batterie „schaut".

Armstrong wagt gewagte Thesen



„Wir wollen jetzt einmal", schlägt Kurt Welle vor, „einen Blick in einen Transistor hineinwerfen."
Robert stürzt nach vorne, einen Hammer in der Hand: „Darf ich helfen?" Auch Siegfried bietet seine Dienste an: mit einer kleinen Säge! „Halt, halt, so war das nicht gemeint", hält sie Armstrong zurück, „uns Elektronikern stehen doch andere Mittel zu Gebote, um festzustellen, was sich in einem Bauteil tut!"
Welle ergänzt: „Bei uns läuft das doch so wie bei allen anderen Wissenschaftlern auch: Wir formulieren eine These, also eine aus der Erfahrung gewonnene Behauptung. Mit Hilfe verschiedener Experimente überprüfen wir dann, ob diese These stimmt, ja, ob sie überhaupt stimmen kann. Bestätigt sich die These, dann können wir auf ihrer Grundlage weiter denken und testen. Bewahrheitet sie sich nicht, müssen wir neue Thesen entwickeln und diese geeigneten Tests unterziehen."
„Ich behaupte jetzt – und ich habe meine Gründe dafür: In einem Transistor stecken zwei Dioden! Die eine liegt zwischen Basis und Emitter – ich nenne sie deshalb die Basis-Emitter-Diode; die andere stelle ich mir zwischen Basis und Kollektor vor und bezeichne sie als Basis-Kollektor-Diode."
Armstrongs These löst Raunen und Zischen unter den Zuhörern aus. „Das müssen Sie aber erstmal beweisen!" fordert Siegfried.

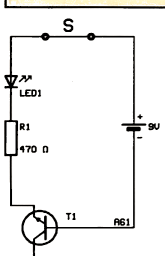
139 Armstrong baut eine kleine Versuchsschaltung auf, die der rechts oben abgebildeten genau entspricht. Er weist darauf hin, daß der Kollektor sozusagen „in der Luft hängt". Armstrong betont: „Es geht mir im Moment nur um den Weg innerhalb des Transistors von B nach E, also von der Basis zum Emitter, oder anders gesagt: um die Basis-Emitter-Diode."
Das Versuchsergebis verwundert die Kursteilnehmer: Die Diode zeigt durch ihr Leuchten an, daß Strom fließt.
Armstrong hingegen ist befriedigt: „Meine These bestätigt den Befund: Die Basis des Transistors zeigt zum Plus-Pol der Batterie; die von mir geforderte Basis-Emitter-Diode steht also auf 'Durchlaß'. Die Leuchtdiode bekommt Strom und leuchtet folgerichtig."



Roberts Notizblock

Dort, wo die Katode der Germaniumdiode sitzt, trägt sie auf ihrem Glaskörper einen schwarzen Ring. Das heißt: Sie sperrt, wenn der schwarze Ring Richtung Plus-Pol der Batterie „schaut".

Die Suche nach den Dioden im Transistor



„Dann sollten wir doch jetzt die von Ihnen angenommene Diode in Sperr-Richtung in die Schaltung bringen", fordert Siegfried.

140 Armstrong zieht das Transistor-Modul heraus und steckt es wie oben gestrichelt gezeichnet wieder ein. Die Basis-Emitter-Diode steht also auf Sperren.
Tatsächlich bleibt die Leuchtdiode dunkel. „Auch dies bestätigt meine Annahme", triumphiert Armstrong, „die Basis-Seite der Diode 'blickt' zum Minus-Pol der Batterie und sperrt deshalb."

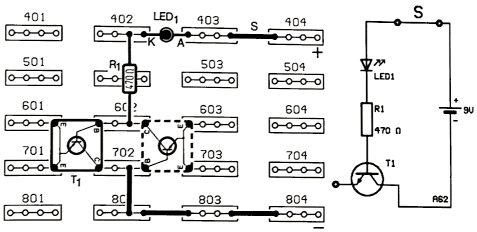
Der erste Test der zweiten Diode

„Das Vorhandensein einer Basis-Emitter-Diode", referiert Welle, „haben wir mit den beiden vorherigen Experimenten sehr wahrscheinlich gemacht. Nun geht es darum, auch die zweite Diode, die Basis-Kollektor-Diode, nachzuweisen."

141 Er steckt eine Testschaltung für die Basis-Kollektor-Diode entsprechend der Skizze rechts zusammen.

Die Studenten, die immer mehr der Armstrongschen These von den beiden Dioden im Transistor Glauben schenken, freuen sich schon richtig darüber, daß die Diode leuchtet.

„Ist ja auch klar", tut Robert so, als hätte er es immer gewußt, „die Basis zeigt zum Plus-Pol der Batterie, also liegt die Basis-Kollektor-Diode in Durchlaßrichtung."

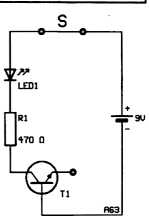


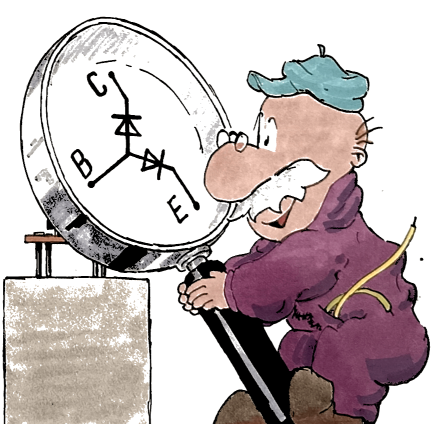
Andersherum funktioniert's nicht

„Jetzt bleibt uns nur noch zu prüfen, ob es zwischen B und C auch eine Sperr-Richtung gibt", stellt Welle fest.

142 Siegfried streckt heftig seine Greifhand in die Luft und schlägt, als er aufgerufen wird, vor, erneut das Transistormodul umzudrehen – wie es die Zeichnung oben gestrichelt empfiehlt.

Die Diode bleibt dunkel, und signalisiert damit, daß die Basis-Kollektor-Diode sperrt. Kein Wunder: Ihre Basisseite hängt am Minus-Pol der Batterie.

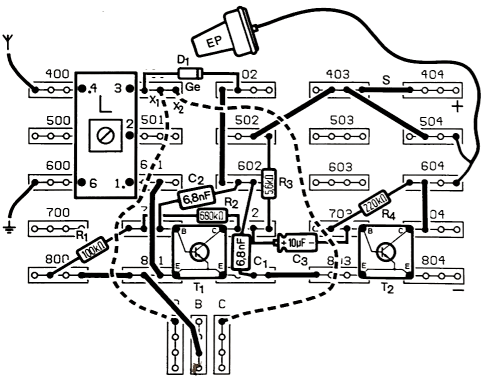




Roberts Notizblock

Da ein Transistor tatsächlich zwei Dioden enthält, kann man ihn auch so darstellen, wie es die Zeichnung links tut.

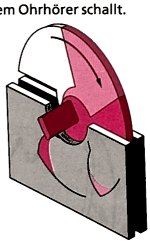
Wo die Radiowellen rauschen



144 Wie es die kleine Zeichnung links unten zeigt, bedient Frau Frequenz den Knopf des Drehkondensators.
So sorgt sie dafür, daß ein Sender klar und deutlich zu vernehmen ist.

145 „Wir können aber noch andere Sender empfangen!" betont sie und zieht X2 aus der Schaltung. Wieder betätigt sie den Drehkondensator zur Feineinstellung.
So stellt sie einen zweiten Sender auf ihrem faszinierenden Radiogerät ein.

146 Nun steckt sie X2 wieder in die Schaltung, entfernt aber dafür X1. Ansonsten verfährt sie wie bei den vorigen Versuchen. Wieder erreicht sie damit, daß weitere Programme aus dem Ohrhörer schallt.

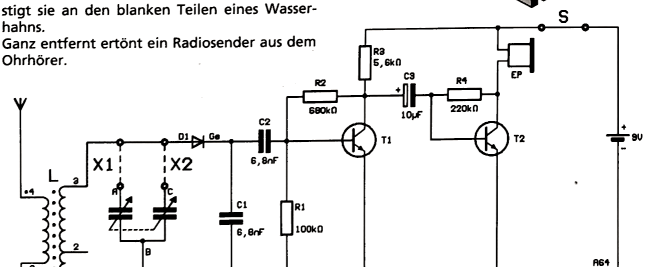


Roberts Notizblock

Mit dem Drehkondensator – in Elektronikerkreisen kurz „Drehko" genannt – werden die Sender eingestellt. Wie der Name schon sagt, ist der Drehko ein Kondensator, dessen Kapazität durch Drehen am Knopf verstellt werden kann. Wie das mechanisch funktioniert, zeigt die untenstehende Abbildung.
Spannend wird der Drehko im Zusammenspiel mit der Spule des Mittelwellenmoduls. Mit dieser bildet er einen Schwingkreis. Schwingkreise haben die Fähigkeit, aus den vielen Wellen, die über die Antenne eingefangen werden, je nach Stellung des Drehkos diesen oder jenen Sender herauszufiltern – zum Glück, denn sonst würde man ja alle Sender gleichzeitig hören.

Für den absoluten Höhepunkt des Seminartags kündigt Welle den Vortrag einer Gastdozentin an: „Ruth Frequenz, Leiterin unserer Abteilung 'Neptun' wird Ihnen ein Gerät vorstellen, das Sie zutiefst in Erstaunen versetzen wird."
„Frau Frequenz", tuschelt Robert zu Siegfried hinüber, „ist wirklich in Ordnung. Wir haben sie vor einigen Stunden besucht und tolle Schaltungen kennengelernt." In dem Moment betritt Ruth Frequenz den Hörsaal. „Tja, dann wollen wir mal", beginnt Frau Frequenz, „ich werden Ihnen zeigen, wie man mit einer Handvoll Bauteile einen Radioempfänger aufbaut." Gespannte Ruhe legt sich über die Zuhörerbänke.

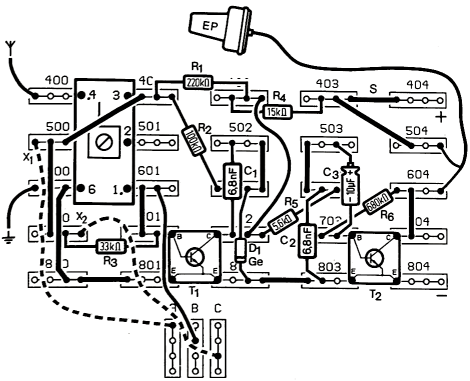
143 Mit leichter Hand und völlig aus dem Gedächtnis zeichnet die Oberfunkerin den oben stehenden Aufbau an die Wandtafel und steckt die Schaltung zusammen. Die gestrichelt gezeichneten Drahtbrücken X1 und X2 baut sie gleich hinein. An die Position „Antenne" der Spule schließt sie einen etwa 6 Meter langen Draht an, dessen loses Ende sie Armstrong in die Hand drückt: „Halten Sie mal?" Den Draht von der Position „Erde" der Spule befestigt sie an den blanken Teilen eines Wasserhahns.
Ganz entfernt ertönt ein Radiosender aus dem Ohrhörer.

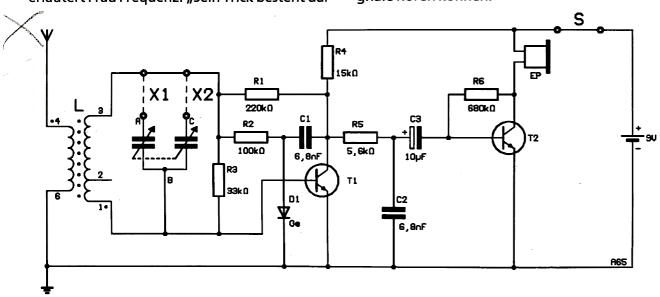


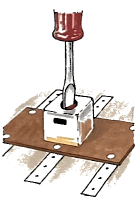
Die Studenten sind von der Radioschaltung begeistert. Mit ihren Übungskästen bauen sie das Radio nach, und schon bald ist ein Wirrwarr von Sendern zu hören. Auch Robert und Siegfried sitzen vor ihren Schaltungen und suchen durch Drehen der Spule den Äther ab. Die beiden Professoren besprechen sich inzwischen mit Ruth Frequenz und überreden sie dazu einen weiteren, noch spannenderen Aufbau vorzustellen.
Sie klopft auf das Pult, und langsam kehrt wieder Ruhe ein. „Das war jetzt zwar ein toller Aufbau, aber wie immer gibt es auch dazu noch eine Verbesserung", ergreift sie das Wort.

147 „Wir können ein noch viel feineres Radio bauen, wenn wir entsprechend der Zeichnung rechts verfahren."
Wenn bisher nur Programme naher Sender zu empfangen waren, „erwischt" man mit diesem Aufbau auch weiter entfernt gelegene Stationen.

148 Die Zahl der Programme kann beträchtlich steigen, wenn man den Aufbau nur mit der Brücke X1 oder nur mit der Brükke X2 betreibt. Die Senderfeineinstellung nimmt Ruth Frequenz wieder mit dem Drehko vor.
„Dieses Gerät heißt übrigens Reflexempfänger", erläutert Frau Frequenz. „Sein Trick besteht darin, daß wir einen Transistor zweimal zur Verstärkung einsetzen und deshalb auch schwächere Signale hören können."







Roberts Notizblock

Sorgfältig schreibt sich Robert auf, was Frau Frequenz über die Technik des Rundfunkempfangs erzählt.
Töne, also Schallwellen, entstehen dadurch, daß sich der Strom im Ohrhörer sehr schnell ändert. Solche regelmäßigen Änderungen nennen wir eine Schwingung; die Häufigkeit der Änderung pro Sekunde heißt „Frequenz". Frequenzen mißt man in Hertz (abgekürzt Hz, benannt nach dem deutschen Physiker Heinrich Hertz, 1857-1894). 1 Hz bedeutet eine Änderung pro Sekunde, 1 kHz (Kilohertz) sagt; daß wir tausend Schwingungen pro Sekunde erleben. Das menschliche Ohr hört Schwingungen zwischen etwa 16 Hz und 16 kHz; diesen Bereich nennt man Niederfrequenz (NF).
Der Rundfunksender erzeugt Schwingungen mit sehr hohen Frequenzen (Hochfrequenz, HF), die der Sendemast als elektromagnetische Welle ausstrahlt. Entsprechend ihrer Frequenz nennt man die Wellen Lang-, Mittel-, Kurz- oder Ultrakurzwellen. Das Radio, das wir soeben gebaut haben, empfängt Mittelwellen.
Was wir hören können, ist jedoch nicht die HF, sondern die NF. Deswegen verändert der Sender die HF im Takt der NF. Wir empfangen also eine leicht schwankende HF. Der Schwingkreis aus Drehko und Spule holt sich aus den vielen Radiowellen die gewünschten heraus, die Germaniumdiode und der Kondensator C1 wandeln die HF-Schwankungen in Töne um. Die beiden Transistoren verstärken das Empfangene, damit das Programm hörbar aus dem Ohrhörer schallt.

Roberts Notizblock

Übrigens: Die Spule auf dem L-Modul hat einen Eisenkern, der mit einem Schraubenzieher ein wenig hoch- oder runtergeschraubt werden kann (obere Skizze). Damit kann der Empfangsbereich ein bißchen „hin- und hergeschoben" werden.

Dankbarer Beifall verabschiedet Ruth Frequenz. Auch Armstrong und Robert machen sich erneut auf den Weg. „Das war nun wirklich ein krönender Abschluß. Und wer hätte gedacht, daß ich noch einmal auf die Schulbank geschickt werde", schmunzelt der Professor. „Man lernt eben nie aus", meint Robert weise.

Inmitten des Senderwirrwarrs der radiobastelnden Studenten bleibt Professor Kurt Welle zurück. „Bis zum nächsten Mal!" ruft er den beiden hinterher. Doch die schweben bereits wieder im großen Transportring der Weltraumstation.

„Nun sind wir am Ende unserer Tour d'Electronica", sagt Armstrong mit froher, aber auch müder Stimme, „ich denke, du hast heute sehr viel gesehen und gelernt: ein beachtliches Pensum für deine ersten Schritte, das will ich meinen!" Robert surrt nur bestätigend. Sein elektronisches Gedächtnis ist angefüllt mit vielerlei neuen Erkenntnissen, die alle erstmal richtig verstanden sein wollen.

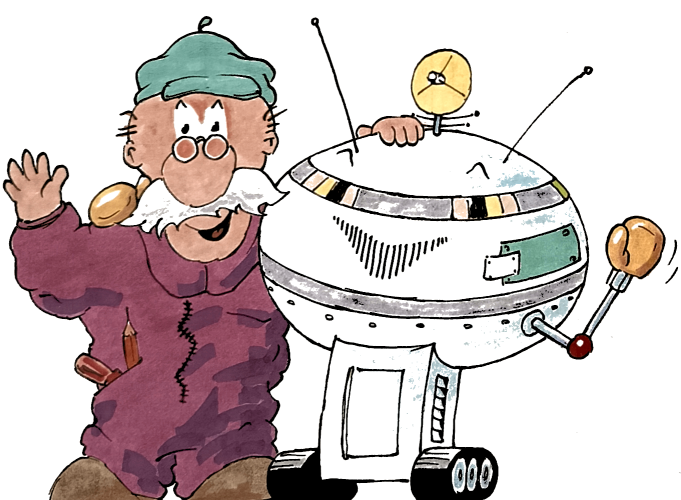
„Haben Sie vielen Dank, Professor", meint er, „für diesen ausführlichen Rundgang." Armstrong betrachtet den kleinen Roboter stolz und streicht ihm anerkennend über die Denkplatte. „Es ist höchste Zeit", sagt er, „dich nun endlich zum Weltraum-Elektronikassistenten 1. Klasse zu ernennen. Die Grundbegriffe der Elektronik hast du an vielen Beispielen erprobt. Und manche Schaltungen gehen über einfaches Grundwissen weit hinaus."

Mit großer Geste klebt er dem frischgebackenen Nachwuchselektroniker seine erste Auszeichnung an die Roboterbrust. Tief berührt dreht Robert eine Ehrenrunde: „Ich hab's geschafft! Ich hab's geschafft!" schnurrt er selig.

„Bis zum Profi ist es zwar noch ein gutes Stück Weg", zügelt Armstrong Roberts Übermut, „aber ich denke, wenn du so begeistert weitermachst, dann dauert's nicht mehr allzu lange." Er zieht eine zweite Bauteiletasche hervor, den ElektronikExperimentierkasten X 1500 N, und läßt Robert einen Blick auf ihm bisher unbekannte Bauteile und seltsame Schaltungen werfen.

„Und das soll ich heute noch alles lernen?!" meint Robert mit einer Mischung aus Neugierde und Müdigkeit. „Nur nichts überstürzen", beruhigt ihn der Professor, „morgen ist ja auch noch ein Tag für wißbegierige Elektroniker! Und ich kann dir versprechen, daß uns mit der neuen Bauteiletasche ein neuer, spannender Tag auf Electronica erwartet. Denn natürlich werden wir alle diese Schaltungen in ihrer praktischen Anwendung kennenlernen."

Roberts Antennen kreisen für einen Augenblick ganz aufgeregt, denn am liebsten hätte er damit gleich begonnen. Doch dann schaltet sich sein Ruhesystem ein. Roboter brauchen zwar keinen Schlaf, aber die neuen M-3 benötigen wenigstens eine Ruhephase, in der sie das Gelernte sortieren und abspeichern können – wer will es ihnen verdenken?



KOSMOS

Experimentieranleitung

KOSMOS electronic XN1500 und XN2000

für die Versuche 149 bis 236

Zum gefahrlosen Experimentieren ist eine 9-Volt Batterie des Typs 6F22 erforderlich, die wegen ihrer begrenzten Lagerfähigkeit im Kasten nicht enthalten ist. Anstelle der Batterie kann das Kosmos Netzgerät X, Bestellnummer 617 813, verwendet werden.

Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart

KOSMOS electronic Box 2

Bezeichnung	Teil	Aufbau/Schaltz.
Lautsprecher **001003**		M N SP
Fototransistor **002159**		E C C E TF
Verstärker-Modul **043036**		AMP U E A
Potentiometer 10kΩ **001004**		D E F Potianschlüsse auf Steckfeder D, E und F P
Beutel Drahtbrücken 10 Stück kurz **000282** 10 Stück lang **000292**		

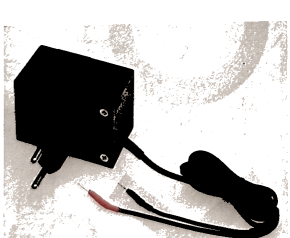
electronic Multipack 2 001009

Widerstände 10 Ω 33 Ω 100 Ω 3,3 kΩ 10 kΩ		R
Kondensator 100 nF		C
Elektrolyt-Kondensatoren 1 µF 10 µF		C

Bezeichnung	Teil
Pultoberteil 2 **070307** und Unterteil **070407**	electronic system II KOSMOS
Beutel 2 mit 4 Verbindungsstiften und 2 Montageschrauben **001006**	
Beutel mit Steckfedern 33 Stück **000612**	
Spritzbaum 2 mit Drehknopf für Poti und Scharnierbolzen **004022**	
3 Drahtstücke Im Bündel **000 151**	

Technische Änderungen vorbehalten!

KOSMOS-Netzgerät X Bestell-Nr. 617 813



Statt umweltbelastender Batterien kann man das KOSMOS-Netzgerät X, das seinen Strom aus der Steckdose bezieht, verwenden.
Es liefert eine elektronisch stabilisierte Spannung von 9 Volt, und ist absolut dauerkurzschlußfest.

Achtung!
Wenn mit dem Netzgerät X gearbeitet wird, sind vorher unbedingt die Batterien zu entfernen.

Bei gleichzeitigem Betrieb besteht Explosionsgefahr!

Beachten Sie unbedingt die Sicherheitshinweise auf der ersten Umschlaginnenseite!

Inhaltsverzeichnis

Das Pult wächst mit **68**
Ein neuer Tag auf Electronica 71
Das kompakte Wunderding 72
Der Blick in die Wand 73
Eine Superhupe für Frau Frequenz 74
Jedes Öhmchen gibt ein Tönchen 75
Das Graswachsofon 76
Empfindlichkeit wird regulierbar 77
Es warnen Ton und Licht! 78
Kästchen, piep einmal! 79
Eine Lichtorgel mit Komfort 80
Wenn Roboter forschen 80
Ein Klatschometer für Hokus Pokus 81
Licht an wie von Geisterhand 82
Es rockt und poppt im Äther 83
Der Reflexempfänger hilft weiter 84
Es blinkt, weil's schwingt 85
Ein Blinker, der laut tickt 86
So klingen Roberts „Beine" 87
Das Piano der „Pluto"-Musiker 88
Hilft farbenblinden Robotern 89
Licht wandert hin und her 90
Robert als Versuchs-„Tier" 91
Licht läßt Strom fließen 92
Wenig Licht reicht 93
Der Fototransistor pfeift 94
Wenn's dunkel wird, wird's hell 94
Der Professor bräunt sich vorsichtig 95
Wenn's dem Roboter zu heiß wird 96
Kinder können mehr 97
Siegertypen aus Blech 98
Wie der Zufall so spielt 99
Schluß mit Hokus Pokus 100
Wenn mal was nicht funktioniert 100

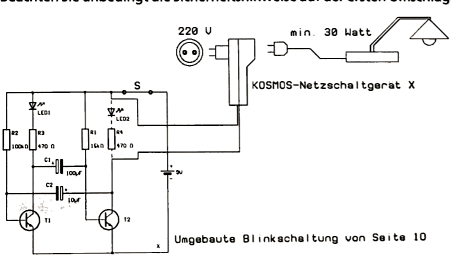
KOSMOS-Netzschaltgerät X Bestell-Nr. 617 912

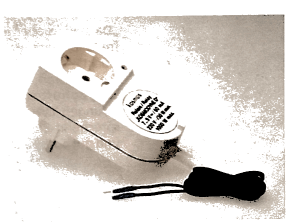
Selbst aus einer einfachen Experimentierschaltung kann ein nützliches Gerät werden, wenn man zusätzlich das KOSMOS-Netzschaltgerät X verwendet. Es besteht aus einem Relais (elektromagnetisch betätigter Schaltkontakt), das die Schwachstromseite (9 Volt) vollkommen von der Starkstromseite (220 Volt Lichtnetz) trennt.

Das Netzschaltgerät X enthält auf der Schwachstromseite zwei Anschlußleitungen, die mit der Elektronikschaltung (z.B. Blinker, Dämmerungsschalter etc.) verbunden werden. Hierzu wird meist die Leuchtdiode samt Vorwiderstand (470 Ohm) aus der Schaltung entfernt und die beiden Anschlußleitungen eingesteckt.

Auf der Starkstromseite wird das Netzschaltgerät X in eine Schuko-Steckdose eingesteckt und ist so sicher mit dem Lichtnetz verbunden. Das Netzschaltgerät X enthält selbst eine Schuko-Steckdose an der man das zu schaltende Gerät (220V-Lampen, Haushaltsgeräte, Radios usw.) anschließt. Die Schaltleistung beträgt 30-1000 Watt.

Beachten Sie unbedingt die Sicherheitshinweise auf der ersten Umschlaginnenseite!





Das Pult wächst mit

Im Voltasium angekommen, stellen der Professor und Robert fest, daß Welles Unterrichtsstunde gerade angefangen hat. „Da sollten wir jetzt nicht stören", meint Armstrong. „Doch langweilig wird es uns trotzdem nicht!" Sie nehmen an einem Tisch im Vorraum Platz. Aus seiner Tasche zieht Sirius ein edles, mattschwarzes Teil.
„Das sieht doch fast aus wie unser Arbeitspult", fällt M-3 auf. „Und wieder liegst du richtig", bestätigt der Professor, „dies ist unser Pult 2, die Ausbaustufe."
„Gehe ich recht in der Annahme", vermutet Robert, „daß wir auch bei diesem Teil erst mal umfangreiche Vorbereitungen zu treffen haben, bevor das Pult einsatzfähig ist?" Armstrong kann ihn beruhigen: „Na, so schlimm wird's schon nicht werden. Aber ein paar Minuten sollten wir uns doch gönnen, um unser Gerät picobello aufzubauen. Das spart uns nachher Ärger und Nacharbeiten."
„Zuallererst", beginnt der Professor seine Anleitung, „kommen wieder die Steckfedern an ihren richtigen Platz. Bild 1 zeigt dir, wo der richtige Platz ist." Robert drückt natürlich sofort die Klammern vorsichtig in ihre Aussparungen.

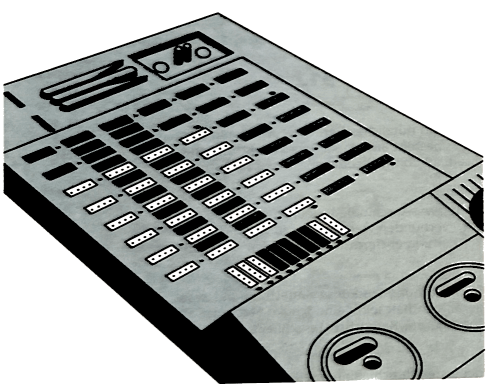


Bild 1

„Da sind ja aber immer noch ein paar 'Löcher' frei", beklagt er sich. „Die werden erst bestückt", erklärt Armstrong, „wenn wir mit dem Zusatzkasten XN 2500 unsere Anlage zum XN 3000 aufrüsten. Dann werden wir auch die Halterungen 'LWL' und 'LED' brauchen, die wir entsprechend Bild 2 aus dem Pult herausbrechen und gut aufbewahren."

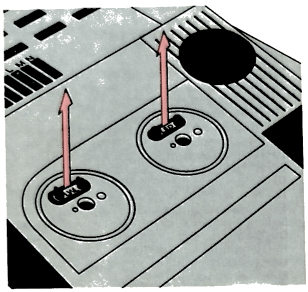


Bild 2

„Ich verzehre einen kompletten Raumstaubsauger", bietet Robert an, „wenn jetzt nicht der Drehknopf-Einbau dran ist." Armstrong schüttelt den Kopf: „Hopp, die Wette gilt nicht, denn – du hast völlig recht! Wir stecken also das 10-kΩ-Potentiometer von unten durch das Pult, und zwar so, daß seine Anschlüsse zu den Steckfedern zeigen; Bild 3 macht deutlich, wie die Sache auszusehen hat. Dann schrauben wir die Sechskantmutter drauf und drehen die Achse, also das aus dem Pult ragende Teil, nach links bis zum Anschlag. Danach stecken wir den Knopf so auf die Achse, daß die Markierung auf dem Knopf genau über der ersten Markierung der Pult-Skala zu liegen kommt."

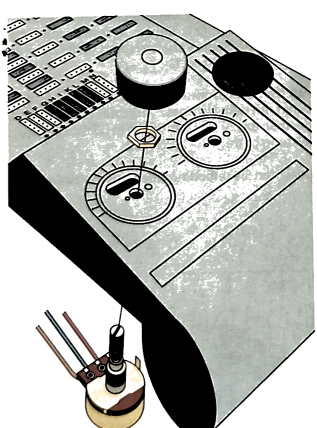


Bild 3

Robert hat, noch während der Professor erklärte, die einzelnen Arbeitsschritte nachvollzogen. „So weit, so gut; aber angeschlossen ist das Ganze noch lange nicht", stellt er fest. „Kein Problem", meint Armstrong, „wir müssen nur die Anschlüsse h, s und n des Potis in die Steckfedern D, E und F von oben einführen – genau so, wie es in Bild 4 dargestellt ist."

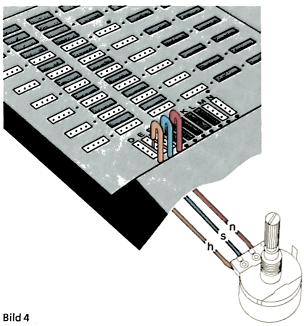


Bild 4

„Unser neues Pult", verrät der Professor, „soll auch einen Lautsprecher enthalten!" M-3 läßt seine Gefühlslämpchen aufglühen: Er ist begeistert. „Und wie wird der eingebaut?" bohrt er natürlich sofort nach. „Ganz rechts außen", macht Armstrong klar, „also unter den Schlitzen, ist der beste Platz für den Krachmacher. Wir schieben den Lautsprecher unter die beiden Führungsstückchen und fixieren ihn mit der Montageschraube; Bild 5 zeigt, wie's geht." Robert wühlt im ganzen Kasten herum: „Und wo steckt diese elende Schraube nun schon wieder?!" Der Professor weist auf den Beutel mit den Verbindungsstiften: „Nur keine Panik, da ist sie doch."

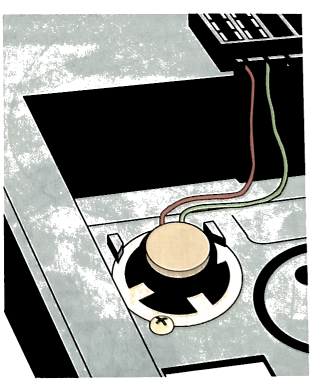


Bild 5

„Auch der Anschluß des Lautsprechers wird für dich ganz einfach sein", kündigt Sirius an. „Du drückst nur die Anschlußkabel in die Steckfedern M und N." Roberts Greifer befestigen die Kabel, wie es der Professor vorgeschrieben hat.

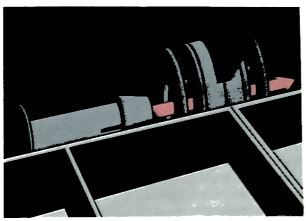


Bild 6

„Als nächstes", führt Armstrong weiter aus, „kommt es darauf an, Ober- und Unterteil von Pult 2 zu verbinden. Das funktioniert genau gleich wie beim ersten Pult. Bei dem ziehen wir jetzt die rechte Kappe ab und drücken sie rechts ins zweite Pult. Dann stecken wir unsere beiden Pulte – entsprechend Bild 6 – mit dem Scharnierbolzen zusammen. Damit sie auch bestimmt gut halten, sichern wir das Ganze noch mit vier Verbindungsstiften – wie Bild 7 zeigt."

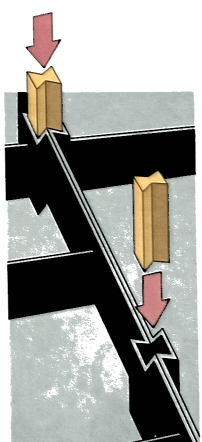


Bild 7

Roberts Notizblock

M-3 notiert genau die Hinweise Armstrongs zum Thema Netzgerät: „Zum Anschließen des Netzgerätes verwenden wir die gleichen Steckfedern wie zum Anschließen der Batterie – also 308 und 808. Die Batterie darf niemals gleichzeitig mit dem Netzgerät angeschlossen sein, denn sonst besteht Explosionsgefahr!" Außerdem weist der Professor nochmals eindrücklich auf die Sicherheitsvorschriften hin, die auf der ersten Umschlaginnenseite abgedruckt sind.

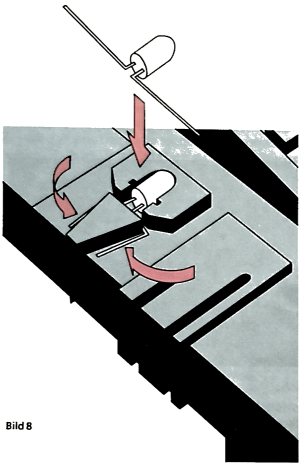


Bild 8

„Zuletzt", kommt der Professor zum Schluß der Vorarbeiten, „müssen wir noch den Batterieclip an einen neuen Platz versetzen. Er kommt – wie Bild 10 zu entnehmen ist – an Pult 2; er wird angeschlossen, indem das rote (Plus-)Kabel mit Steckfeder 308 und das dunkle (Minus-)Kabel mit Steckfeder 808 verbunden wird."

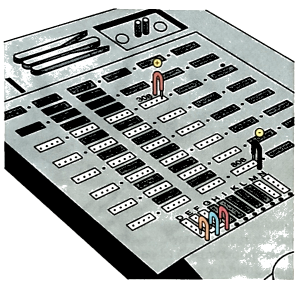
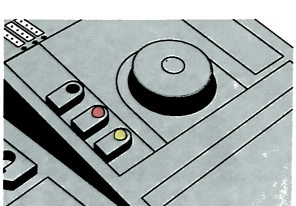


Bild 10

„Ich habe da gerade", unterbricht Robert, „ein Bauteil entdeckt, das aussieht wie eine Leuchtdiode, aber einen durchsichtigen 'Kopf' hat. Was ist denn das?" will er wissen. „Das", gibt sich der Professor geheimnisvoll, „wird noch nicht verraten; nur soviel: Bild 8 läßt uns erkennen, wie wir die 'Beine' des Teils biegen müssen, nämlich genau gleich wie die der Leuchtdiode. Und Bild 9 teilt mit, wie wir – parallel zum Vorgehen bei den Leuchtdioden – mit Hilfe der Kontakthülsen lange Anschlußdrähte befestigen können, um das Teil im Pult zu montieren."



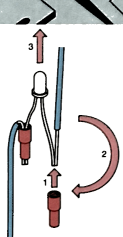


Bild 9

Schließlich empfiehlt Armstrong Robert noch eine praktische Verschönerung der Pulte: „Schneide doch einfach den Widerstandsfarbcode und die Umrechnungstabellen der Kapazitätswerte aus dem ausklappbaren Innenteil der letzten Umschlagseite aus und klebe sie in die Vertiefungen und zwischen die Lochraster der Pulte. Auf dem Verpackungskarton ist zu sehen, wie elegant das wirkt."

In diesem Moment geht die Tür von Welles Unterrichtsraum auf – ein Schüler muß mal; der Professor und M-3 können ohne Störung zur Vorlesung hineinflitzen.

Ein neuer Tag auf Electronica

Auch auf Electronica, der Weltraumstation des Jahres 2069, geht die Sonne auf – wie auf der guten alten Erde. Robert, der junge Roboter aus der Baureihe M-3, ist nun schon den zweiten Tag Assistent des Chefelektronikers von Electronica, Professor Sirius Armstrong. Gestern hatte Armstrong seinem Assistenten die Grundlagen der Elektronik vermittelt und ihn in allen Abteilungen der Station herumgeführt. Der kleine Roboter war nicht schlecht ins Staunen gekommen, was es auf diesem künstlichen Mond alles zu sehen und zu erleben gab.

Das war die Lehrzeit gewesen. Jetzt, als „richtiger" Assistent des gewitzten Professors, würden neue, kompliziertere Probleme auf ihn warten. Die ausgiebige Nachtruhe hat ihm gutgetan, und so wartet er gespannt auf die Neuigkeiten des neuen Tages.

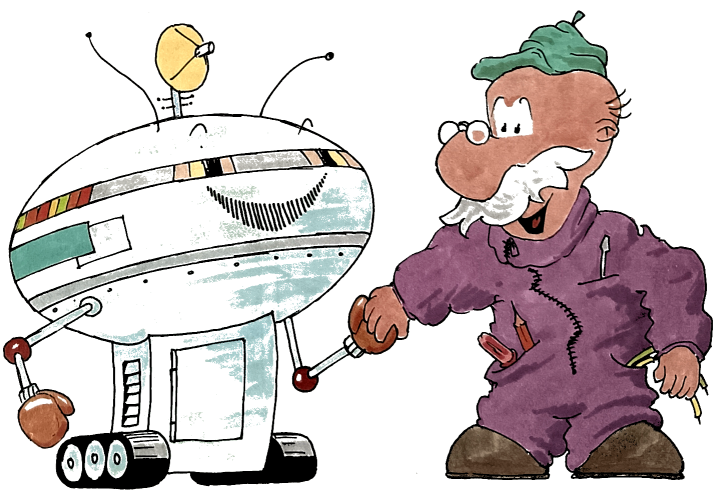
Der Professor hält bereits seine unerschöpfliche Elektronik-Bereitschaftstasche in der Hand. „Na, Robert, fertig für den zweiten elektronischen Tag?" Roberts Systeme laufen langsam warm. „Es geht ja ganz schön früh los hier oben", meint er, „na, mir soll's recht sein: Meine Datenspeicher warten schon auf neues 'Futter'."

„So ganz genau weiß ich noch nicht, was auf uns zukommt", gesteht der Professor, „das hängt ja immer ein bißchen davon ab, wo was passiert. Aber eines weiß ich mit Sicherheit: Es wird wieder spannend, denn alle unsere Freunde, die du ja schon kennengelernt hast, werden uns wieder begegnen."

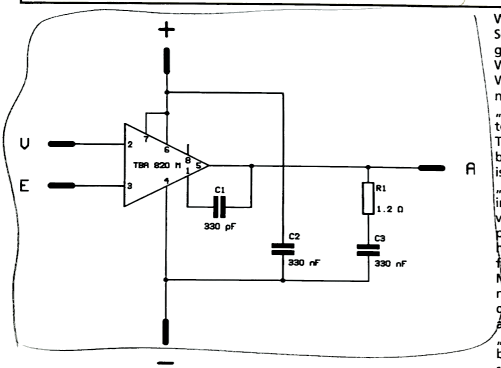
Robert jubelt: „Wie ich Delta, Frequenz, Wurzel, meinen Bruder Siegfried und Co. kenne, werden sie auch ein paar neue, tolle Schaltungen entwickelt haben."

„Man sollte zwar im voraus nicht zu viel verraten", druckst Armstrong herum, „aber ich darf dir versprechen, daß wir neben verblüffenden Apparaten und seltsamen Aufbauten auch bisher unbekannte elektronische Bauelemente ausprobieren werden." Das verwundert Robert: „Was? Da gibt's noch mehr?"

„Worauf du dich verlassen kannst!" verkündet der Professor. Er hakt sich ans Transportsystem und flitzt Richtung Voltasium, zu Kurt Welle.



Das kompakte Wunderding



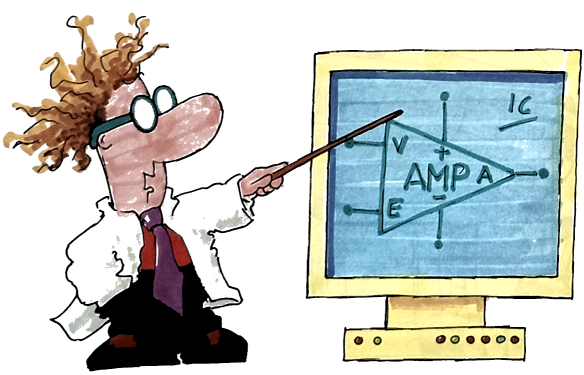
Welle stellt gerade seinen Schülerinnen und Schülern ein grandioses, neues Bauteil vor. „Sage und schreibe 17 Transistoren enthält das Wunderding, außerdem vier Dioden und sechs Widerstände!" beginnt er. Ein Raunen des Staunens quittiert seine überraschende Aussage. „'Integrierten Schaltkreis', auf englisch 'Integrated Circuit', kurz 'IC', nennen wir Spezialisten das Teil", erläutert Welle und hält ein kleines, achtbeiniges, schwarzes Plastikkästchen hoch: „Das ist es!"

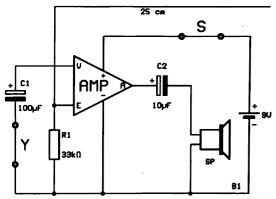
„Die Einzelteile des IC stecken natürlich nicht so in dem Kästchen, wie wir sie kennen. Sie sind vielmehr auf einem winzigen Halbleiter-Kristallplättchen, einem Chip, vereinigt, der in einem hochkomplizierten Verfahren hergestellt wird", fährt Welle fort. „Das kleine Kästchen ist auf ein Modul gelötet; auf dem Modul befinden sich noch ein paar Widerstände und Kondensatoren, die das Ganze gegen schädliche Einflüsse von außen abschirmen."

„Was kann denn eigentlich dieses Wahnsinnsbauteil?" will Robert endlich wissen. „Es handelt sich schlicht und ergreifend um einen außerordentlich leistungsfähigen Spannungs-Verstärker", erläutert Welle. „Deshalb stellen wir ihn in den Schaltplänen auch als Dreieck dar – wie es für einen Verstärker üblich ist. Die Bauteile, die das Verstärkermodul bilden, sind so zusammengeschaltet, wie es die Skizze links oben zeigt."

Roberts Notizblock

Robert notiert sich sorgfältig, was Welle über den Verstärkungsfaktor sagt: „Das Prinzip der Verstärkung haben wir ja schon kennengelernt: Aus einem kleinen Basisstrom wird ein großer Kollektorstrom. Das zahlenmäßige Verhältnis der beiden nennt man Verstärkungsfaktor. Beispiel: Basisstrom 1 mA; Kollektorstrom 100 mA; Verstärkungsfaktor 100."



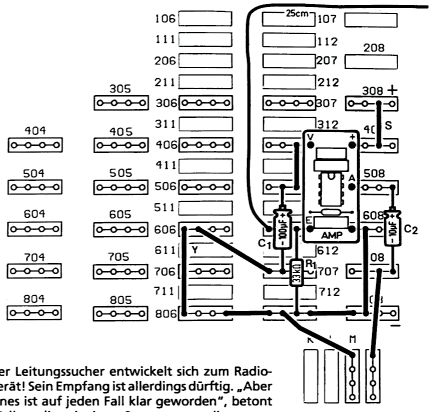


„Daß wir mit Hilfe dieses Bauteils auch Spannungen verstärken können", weiß Welle, „möchte ich Ihnen gleich einmal an einem sehr nützlichen Gerät demonstrieren. Es zeigt uns, wo in einer Wand Leitungen verlegt sind – ohne daß wir die Wand aufklopfen müssen!"

149 Er steckt einen Leitungssuchapparat entsprechend der Abbildung oben zusammen. Der 25 cm lange Draht ist nur mit seinem linken Ende mit der Schaltung verbunden, das rechte steckt in einer nicht angeschlossenen Steckfeder, endet also quasi lose.
Sanftes Rauschen erklingt; wenn allerdings die Radioabteilung gerade zu heftig sendet, wird man ihr Programm (wenn auch recht undeutlich) empfangen. „Die Leuchtstoffröhre", regt Welle an, „müssen wir abschalten, denn sie produziert in diesem Aufbau einen anhaltenden Summton."

150 Welle fährt nun mit der Seite, an der das 25 cm lange Drahtstück als Empfangsleitung angebracht ist, an der Wand entlang.
Überall dort, wo Leitungen in der Wand sind, wird der Summton stärker werden – wenn die Leitungen nicht allzu tief im Putz liegen.

151
Welle hält das nicht angeschlossene Ende der Empfangsleitung zuerst an den Wasserhahn und dann an eine metallische Fläche am Heizkörper.



Der Leitungssucher entwickelt sich zum Radiogerät! Sein Empfang ist allerdings dürftig. „Aber eines ist auf jeden Fall klar geworden", betont Welle, „die winzigen Spannungen, die unsere 'Antenne' an das Verstärkermodul liefert, werden gewaltig verstärkt." „Wir sehen also", sagt Welle, „daß ein hoher Verstärkungsfaktor nicht immer nur günstig ist, denn Störungen werden eben auch mitverstärkt."

152 Er verringert den Verstärkungsfaktor etwas, indem er die Drahtbrücke Y im Aufbau durch einen Widerstand mit 100 Ω (braun-schwarz-braun) ersetzt.
Die Störgeräusche nehmen tatsächlich schon merkbar ab.

153 Welle nimmt den 100-Ω-Widerstand wieder heraus und steckt an seine Stelle einen Widerstand mit 470 Ω (gelb-violett-braun).
Die störenden Töne verschwinden nun fast völlig.

Roberts Notizblock

Welle warnt nachdrücklich: „Leitungssuche hin oder her: Niemals darf ein Draht oder ein Bauteil direkt in die Steckdose gesteckt werden! Es besteht Lebensgefahr!"

Roberts Notizblock

Das Verstärkermodul muß immer in der richtigen Richtung im Aufbau stecken! Es könnte sonst falsch gepolt sein und Schaden nehmen.

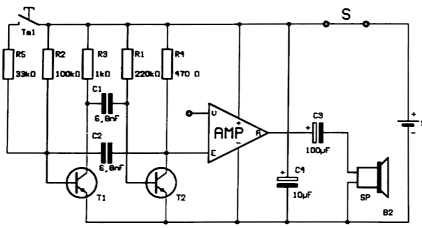
Roberts Notizblock

Das Verstärkermodul besitzt zwei Eingänge. An den mit 'E' bezeichneten Eingang legen wir das an, was wir verstärken wollen; am 'V'-Eingang stellen wir den Verstärkungsfaktor ein. Unser Modul bringt einen maximalen Verstärkungsfaktor von 5000. Den erreichen wir, wenn wir zwischen den Minus-Pol der Batterie und den Eingang 'V' nur einen Kondensator schalten. Stecken wir auch noch Widerstände in Reihe mit dem Kondensator, dann wird der Verstärkungsfaktor entsprechend geringer.

Die verstärkte Spannung liegt am Ausgang 'A' an. Dieser leistungsstarke Ausgang bringt uns nicht nur die verstärkte Spannung, sondern auch genügend Stromstärke, um beispielsweise einen Lautsprecher zu betreiben.
Bleibt der Eingang 'E' des Verstärkers offen, dann holt sich der Verstärker verschiedenste Wellen und verstärkt sie: Störungen von stromführenden Leitungen, Geräten und Sendern.

Eine Superhupe für Frau Frequenz

Armstrongs Taschencomputer fiept wie wild und zeigt damit einen Notfall an. Zwei, drei Tasten gedrückt, und schon schallt aus dem eingebauten Mikrolautsprecher die sympathische Stimme von Ruth Frequenz: „Da ist doch tatsächlich einer unserer rasenden Imbißwagen mit einem Besucher zusammengerauscht. Der Fußgänger behauptet, er hätte die Warnhupe nicht gehört. Kannst du mir vielleicht helfen?"



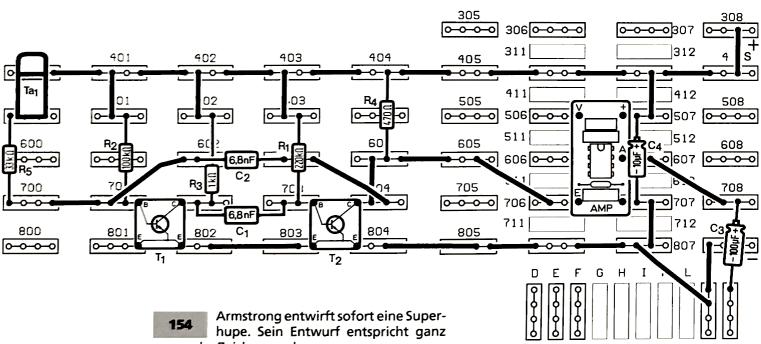
Frau Frequenz führt auch diesen Umbau sofort aus und stellt fest, daß bei Tastendruck der Ton noch höher und auffälliger wird.

M-3 hat sich während der Fixfaxerei mit dem Schaltplan befaßt. Dabei ist ihm etwas aufgefallen: „Der Eingang V des Verstärkermoduls hängt ja in der Luft!" beklagt er sich. „Ist dieser Eingang V nicht angeschlossen, dann arbeitet das Verstärkermodul mit einem Verstärkungsfaktor von 1", erklärt Armstrong.

„Und was, bitteschön, soll ein Verstärker, der nicht verstärkt?" ist Robert irritiert. „Wir haben vorher darüber gesprochen, daß der Verstärker ja nicht nur die Spannung größer macht, sondern auch die für den Lautsprecherbetrieb erforderliche Stromstärke liefert. Hier brauchen wir ihn deshalb nur, um genügend Strom für den Betrieb des Lautsprechers zu bekommen."

„Außerdem ist mir aufgefallen, daß der Lautsprecher mit dem 100-µF-Kondensator C3 in Reihe geschaltet ist. Wir haben aber gelernt, daß ein Kondensator gar keinen Strom durchläßt. Die Schaltung kann also gar nicht funktionieren", entscheidet M-3.

Auch dieses seltsame Phänomen kann Armstrong erklären: „Töne und Geräusche haben



154 Armstrong entwirft sofort eine Superhupe. Sein Entwurf entspricht ganz genau der Zeichnung oben.

Er eilt zu einem Fixfax-Gerät, das auf Electronica an jeder Ecke herumsteht und gibt Ruth Frequenz den Schaltplan durch. Als sie die Schalterbrücke S einsteckt, hört sie einen durchdringenden Ton.

155 Sie betätigt natürlich auch gleich den Taster Ta.

Der Ton wird höher, und Ruth Frequenz bedankt sich beim Professor mit einem Glückwunsch-Fixfax für die gelungene Zweitonhupe.

Der Professor kann's nicht lassen. Er teilt der Oberfunkerin mit, daß sich dieser Aufbau auch elegant abwandeln läßt.

156 Sein Fixfax lautet: „Verwende statt des 33-kΩ-Widerstands R5 (orange-orange-orange) einen Widerstand mit 10 kΩ (braun-schwarz-orange)."

Stromschwankungen zur Folge. Dadurch wird der Kondensator ständig aufge- und entladen. Sein 'Wechselspiel' hat einen ständig wechselnden Strom durch den Lautsprecher zur Folge. Du wirst dich nicht wundern, daß wir Elektroniker diesen Strom 'Wechselstrom' nennen."

„Bisher haben wir unsere Töne ja immer aus dem Ohrhörer wahrgenommen", stellt Robert fest, „jetzt lassen wir die Töne aus dem Lautsprecher erschallen. Wie sieht denn so ein Ding von innen aus?" will er wissen und macht sich mit seiner Greifhand daran, den Lautsprecher aufzuknakken. „Nicht doch, nicht doch", hält ihn Armstrong auf, „ich habe ja eine Skizze dabei, die dir den Aufbau eines Lautsprechers verdeutlicht." Seine Skizze sieht genauso aus, wie die Zeichnung links unten.

„Lieber Sirius", beginnt ein Fixfax, das soeben dem Professor gebracht wird. Es stammt von Ruth Frequenz. „Wie du weißt", teilt der Text mit, „sammle ich historische Funkgeräte. Nun habe ich ein Morsegerät bekommen, dessen Schaltplan beiliegt. Leider ist der Ton viel zu leise. Was kann ich machen, um mit diesem Apparat hörbar zu morsen? Liebe Grüße, Ruth!"

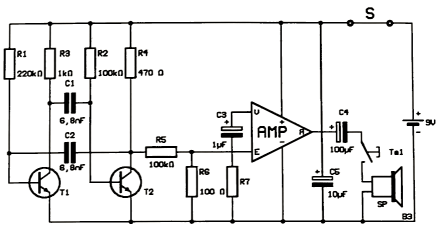
157 Armstrong betrachtet sich den Schaltplan – er entspricht der Skizze rechts – und baut schnell die Schaltung zusammen. Den Widerstand R7 läßt er zunächst weg.
Ruth hatte recht: Nach Betätigen des Tasters ist nur ein extrem schwacher Ton zu hören.

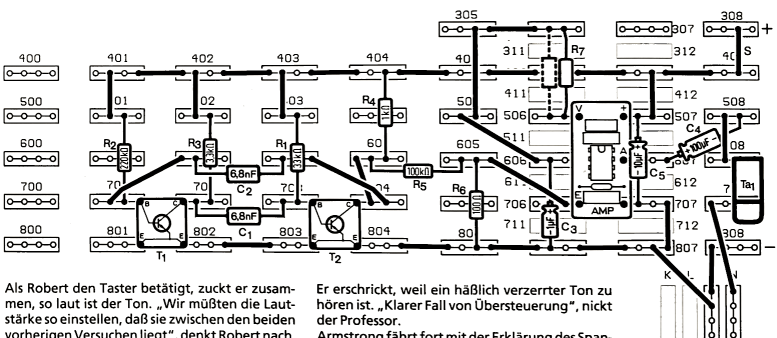
158 Als R7 baut der Professor einen 470-Ω-Widerstand (gelb-violett-braun) ein und drückt mehrfach auf die Morsetaste.
Der Ton aus dem Lautsprecher ist jetzt immerhin zu hören. M-3 will aber einen weiteren Widerstandswert testen.

159 Er zieht den 470-Ω-Widerstand heraus und steckt als R7 an dessen Stelle einen 10-Ω-Widerstand (braun-schwarz-schwarz).

„Der Spannungsteiler besteht aus den Widerständen R5 und R6", sagt Armstrong. „Diese Anordung schwächt den Ton, den die beiden Transistoren erzeugen, tausendfach. Probier mal aus, was passiert, wenn du für R7 einen 10-Ω-Widerstand einsetzt und R6 herausziehst."

162 Robert folgt natürlich der Anweisung und drückt den Taster.



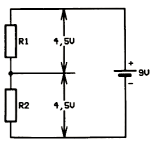


Als Robert den Taster betätigt, zuckt er zusammen, so laut ist der Ton. „Wir müßten die Lautstärke so einstellen, daß sie zwischen den beiden vorherigen Versuchen liegt", denkt Robert nach.

160 Armstrong schaltet zwei 470-Ω-Widerstände (gelb-violett-braun) parallel.
„Du erinnerst dich doch noch", erläutert Armstrong, „daß parallele Widerstände einen geringeren Widerstandswert als jeder einzelne aufweisen. In diesem Fall beträgt der Gesamtwiderstand 470 Ω geteilt durch 2 gleich 235 Ω." In der Tat hat der Morseton jetzt eine angenehme Lautstärke, ist aber noch etwas schrill.

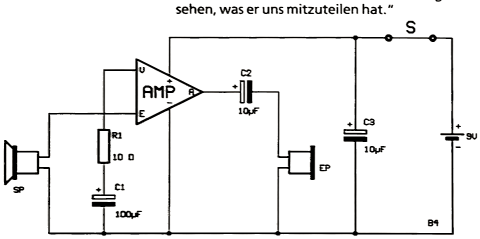
161 Deshalb nimmt der Professor den 220-kΩ-Widerstand R2 (rot-rot-gelb) heraus und steckt an seine Stelle einen 680-kΩ-Widerstand (blau-grau-gelb).
Nach Betätigen der Taste ist aus dem Lautsprecher ein tiefer Ton zu hören.
„In dieser Schaltung steckt noch eine Besonderheit, ein Spannungsteiler, damit das Verstärkermodul nicht übersteuert wird", teilt Armstrong mit. „Ein was? Und wo? Übersteuert?" will Robert natürlich wissen.

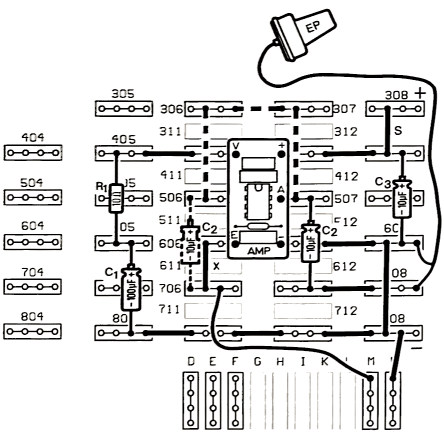
Er erschrickt, weil ein häßlich verzerrter Ton zu hören ist. „Klarer Fall von Übersteuerung", nickt der Professor.
Armstrong fährt fort mit der Erklärung des Spannungsteilers: „Schau mal", sagt er und zeigt seinem Assistenten eine kleine Skizze, die derjenigen rechts unten entspricht, „dies ist ein einfacher Spannungsteiler mit zwei gleichgroßen Widerständen. Die Spannung, die an dieser Reihenschaltung anliegt, beträgt 9 V. Jeder Widerstand bremst den Strom gleich stark, setzt also die Spannung um den gleichen Betrag herab. Dadurch wird die außen anliegenden Spannung genau in zwei gleiche Teile, nämlich jeweils 4,5 V geteilt. Verwenden wir Widerstände unterschiedlicher Ohm-Zahl, dann können wir jede beliebige Teilspannung erzeugen. In unserer Morseschaltung ist R5 tausendmal größer als R6. An R6 liegt also nur noch die um den Faktor 1001 geschwächte Kollektorspannung von T2 an, die wir an den Eingang E des Verstärkermoduls leiten. Das Problem ist gelöst: Mit der abgeschwächten Spannung wird das Verstärkermodul nicht übersteuert."



Das Graswachsofen

Robert und Professor Armstrong sind gerade dabei, die Bauteile in der Elektroniktasche zu sortieren, als plötzlich eine Taube herangeflogen kommt und sich keck vor die beiden hinsetzt. „Was ist denn das?" staunt Robert nicht schlecht. „Ach, das ist nur eine Nachricht von Sepp Wurzel", erklärt der Professor, „andere telefonieren und fixfaxen, Sepp aber steht mehr auf die traditionelle Art der Nachrichtenübermittlung. Mal sehen, was er uns mitzuteilen hat."



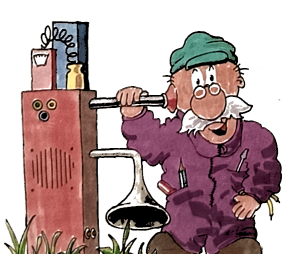


Armstrong nimmt ein kleines Röhrchen vom Fuß der Taube und liest die Nachricht laut vor: „Schnell kommen, habe eine tolle Erfindung gemacht, Gruß Wurzel."
Roberts Denkscheibe dreht sich schnell einmal rundherum. „Was könnte denn das für eine Erfindung sein?" fragt er den Professor. Doch der packt schon die Elektroniktasche und klinkt sich ins Transportsystem. „Muß ja sehr wichtig sein", denkt Robert und zischt hinterher.
In der Gewächshaus-Abteilung „Mars" ist kein Sepp Wurzel in Sicht. Auch Karl Knolle, der Leiter der Abteilung hat ihn seit Stunden nicht mehr gesehen. Schließlich machen sie sich auf die Suche und werden hinter den Hühnerställen fündig.
Wurzel liegt auf dem Boden und lauscht mit zufriedener Miene an Grashalmen. „Tag, Wurzel", stupst ihn der Professor vorsichtig an, und Sepp erschrickt nicht schlecht. „Grüß Gott, ihr zwei", sagt Wurzel, „hier sehen Sie die größte elektronische Erfindung seit meiner Eieruhr: das Graswachsofon. Mit dem höre ich meinen Pflanzen beim Wachsen zu!"
Armstrong sieht sich die Schaltung ganz genau an. „Ein hochempfindliches Mikrofon", murmelt der Professor, „damit kann man tatsächlich auch die leisesten Geräusche hörbar machen."

163 Robert betrachtet ebenfalls die Schaltung, die genauso aussieht wie die links abgebildete, und baut sie gleich auf.
„Der Gag bei dieser Schaltung", erklärt ihnen Wurzel, „ist die Verwendung des Lautsprechers als Mikrofon. Hier habe ich ihn angeschlossen und dort den Ohrhörer."
Robert klopft vorsichtig mit seiner Greifhand auf den Lautsprecher, und schon tönt sein Klopfen um einiges verstärkt aus dem Ohrhörer.

164 Der Professor stellt sich nun vor den kleinen Lautsprecher und bläst nur ganz leicht dagegen.
Der Hauch seines Atems hört sich im Ohrhörer wie lautes Kratzen an. „Wie eine Mikrofonprobe bei einer Veranstaltung", kommentiert er.
M-3 hat noch einen ganz ungewöhnlichen Vorschlag parat.

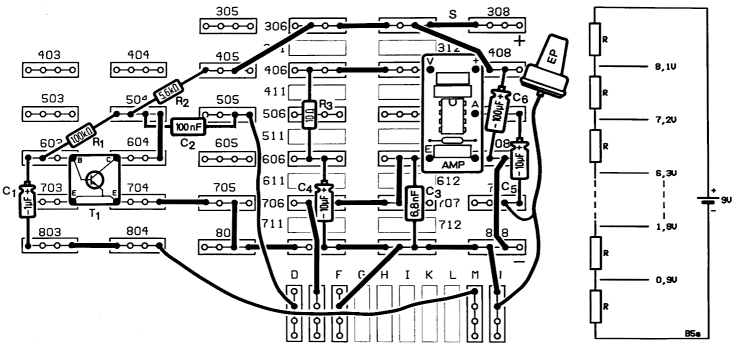
165 Er vertauscht den Lautsprecher mit dem Ohrhörer; dazu zieht er die Drahtbrücke X heraus und steckt die gestrichelt eingezeichneten Brücken ein. Außerdem verändert er den Platz von C2 so, wie es ebenfalls gestrichelt eingezeichnet ist. Den Ohrhörer steckt er in die Steckfedern 606 und 608.
Als er in den Ohrhörer säuselt, der ja jetzt als Mikrofon dient, knackt's verdächtig im Lautsprecher, der jetzt wieder seine ursprüngliche Funktion erfüllt.



„Eine schöne Schaltung", lobt der Professor, „und mit diesem Bauteil hier könnte man noch mehr draus machen." Nach kurzem Suchen hält er ein rundes Etwas in der Hand, das Robert bisher noch nicht in den Schaltungen gesehen hat. „Was ist denn das?" will er neugierig wissen. „Das ist ein Potentiometer, kurz Poti genannt", sagt Armstrong, „es hilft uns, stufenlos die Empfindlichkeit einer Schaltung einzustellen, denn es ist ein verstellbarer Widerstand."

In der Tat tritt der häßliche Pfeifton sofort auf. „Folgendes ist passiert", erklärt der Professor, „ein noch so kleines Geräusch gelangt ans Mikrofon und wird vom Verstärker stark verstärkt und schließlich vom Lautsprecher wieder in Schallwellen umgesetzt. Diese gelangen nun wieder ins Mikrofon, werden als elektrische Signale erneut verstärkt und so weiter. Die Anlage schaukelt sich hoch und quietscht abscheulich."

„Sie haben das Potentiometer noch nicht er-



Wurzel und Robert sind begeistert. „Können Sie uns die Schaltung mit den Teilen aus Ihrer unergründlichen Tasche zusammenbauen?" fragt Sepp Wurzel. „Kein Problem, ich denke, die Bauteile müßten sich finden lassen", sagt Armstrong und kramt schon herum.

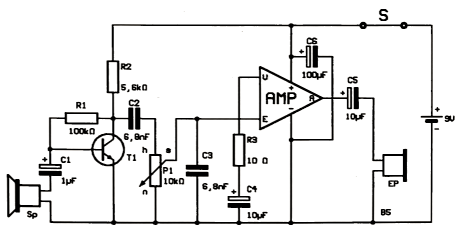
166 Aus den Bauteilen steckt er eine Schaltung, die der oben genau gleicht. Das Potentiometer P1 im rechten Bedienungspult dreht er zunächst ganz nach rechts.

Tatsächlich führt schon das winzigste Geräusch dazu, daß im Ohrhörer ein „Sturm" losbricht. Weil bereits das Rauschen der Wassertanks in ein paar Dutzend Metern Entfernung Wurzels Hörerlebnis stört, empfiehlt Armstrong, die Empfindlichkeit der Anlage zu verkleinern.

167 Dazu dreht er den Knopf P1 ein gutes Stück nach links, dann wieder ein bißchen nach rechts, und stellt so die gewünschte Empfindlichkeitsstufe ein.

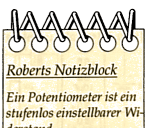
„Neulich habe ich mit Dan Movie von der Unterhaltungsabteilung 'Pluto' telefoniert", berichtet der Professor. „Er brauchte mich als Elektronikexperten für eine Hörfunksendung. Ich hatte noch nicht richtig mit meinen Erläuterungen begonnen, da erschütterte ein gigantischer Pfeifton halb Electronica. Eine akustische Rückkopplung war entstanden."

168 „Und die wollen wir jetzt nachahmen", schlägt Armstrong vor, dreht P1 bis zum rechten Anschlag und hält den Ohrhörer mit der Öffnung nach unten direkt über das Gitter des Lautsprechers.



klärt", erinnert Robert. „Ach ja, gut, daß du darauf hinweist", bedankt sich Armstrong. „Zunächst stellen wir uns vor, wir hätten einen Spannungsteiler aus zehn gleich großen Widerständen. Je nachdem, wo man das System anzapft, erhalten wir Teilspannungen von 0,9 bis 8,1 V. So würde die entsprechende Schaltung aussehen", sagt der Professor und zeigt Robert eine Zeichnung, die derjenigen rechts oben aufs Haar gleicht.

„Bei einer großen Zahl von Widerständen", fährt Armstrong fort, „ist jede Teilspannung möglich. Und genau so funktioniert ein Potentiometer; es enthält allerdings keine einzelnen Widerstände, sondern eine Widerstandsbahn. Auf ihr gleitet ein Schleifer, der stufenlos jede beliebige Teilspannung abnehmen kann." Ein Bildchen verdeutlicht seine Erklärung. Es entspricht der Skizze rechts.



Roberts Notizblock

Ein Potentiometer ist ein stufenlos einstellbarer Widerstand.

Es warnen Ton und Licht!

„Wo du schon mal da bist", sagt Karl Knolle, „könntest du dich vielleicht um ein Problem kümmern, das mir Sorgen bereitet. Schon wiederholt waren Menschen und Roboter von unseren grünen Feldern so begeistert, daß sie trotz Warnleuchte über die Bewässerungsschläuche gestolpert sind und sich übel wehgetan haben", erzählt Knolle besorgt.

„Da kann ich abhelfen", sagt Armstrong, „wir werden einfach zwei Leuchtdioden im Takt einer Zweitonsirene blinken lassen. Das ist dann weder zu überhören, noch zu übersehen."

169 Armstrong steckt den Aufbau so zusammen, wie unten dargestellt. Das Poti dreht er ganz nach links.

Als Robert die Schalterbrücke S einsteckt, ist sofort abwechselnd ein tiefer und ein hoher Ton zu hören. Außerdem blinken die beiden Dioden im gleichen Takt.

170 Jetzt dreht der Professor den Knopf des Potis langsam ein Stück nach rechts.

Die beiden wechselnden Sirenentöne werden nun noch höher und eindringlicher.

„Ich denke", sagt Armstrong, „diesen Ton und die beiden Warnleuchten können deine Leute auf keinen Fall überhören!" Knolle nickt zustimmend: „Diese Schaltung werde ich mir an mein Pult bauen und mit dem Sauerstoff-Warnsystem verbinden, dann habe ich endlich eine zuverlässige Warnanlage, vielen Dank Professor!"

171 „Moment noch, Karl." Der Professor entnimmt den Kondensator C4 und ersetzt ihn durch einen Kondensator mit 10 µF. Kaum ist die Schalterbrücke S wieder eingesteckt, da heult die Sirene laut auf.

„Ein bißchen zuviel des Guten", meint Robert und schaltet seine akustischen Sensoren auf halbe Kraft.

172 „Es gibt eine ruhigere Variante", meint Armstrong. Er zieht den 5,6-kΩ-Widerstand (grün-blau-rot) aus der Schaltung.

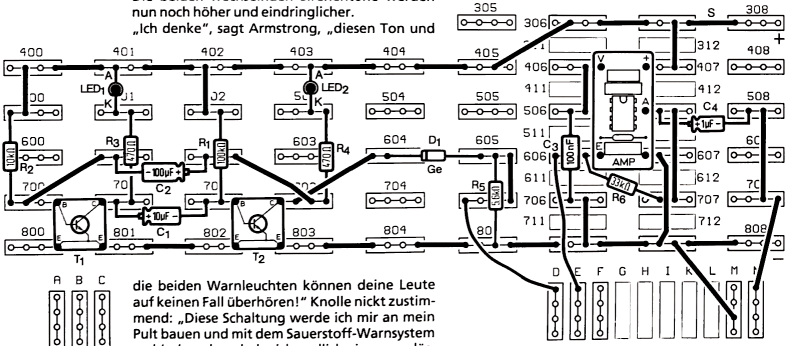
Die Sirene wird eintönig, die Dioden leuchten weiterhin im Wechsel, aber nur wenn die rote Diode aufglimmt, ist auch ein Ton zu hören.

„Ganz ähnlich wie ein Besetztzeichen am Telefon", bemerkt Robert.

Er betrachtet staunend den Aufbau: „Tolle Sache. Aber ich wüßte doch zu gerne, wie diese Schaltung funktioniert."

„Kein Problem", meint Armstrong, „Der linke Teil der Schaltung mit den beiden Transistoren ist die bereits bekannte Blinkschaltung mit der roten LED links und der grünen LED rechts. Der rechte Teil mit dem Verstärkermodul ist ein Tongenerator. Die beiden Bereiche sind über die Germaniumdiode D1 und das Potentiometer miteinander gekoppelt. Wenn T2 der Blinkschaltung gesperrt ist (LED2 dunkel, LED1 leuchtet), dann fällt an R4 keine Spannung ab, am Kollektor von T2 liegt daher positive Batteriespannung. D1 steckt in diesem Fall in Sperrichtung, die Blinkschaltung beeinflußt den Tongenerator überhaupt nicht. Anders liegen die Dinge, wenn T2 leitend ist (LED2 leuchtet, LED1 dunkel). D1 liegt jetzt in Durchlaßrichtung und beeinflußt das Frequenzverhalten des Tongenerators: Der Ton wird höher."

„Aber wie ist das dann mit dem herausgezogenen Widerstand?" hakt Robert nach. „In diesem Fall", erläutert der Professor, „kann der Tongenerator überhaupt nur noch arbeiten, wenn D1 leitet (LED2 leuchtet, LED1 dunkel); bei D1 im Sperrbetrieb fehlt ihm die Verbindung vom Eingang E über den Widerstand nach Minus, und er stellt die Tonerzeugung ein."



Als die beiden Elektroniker zusammen mit Knolle an Wurzels Hühnerställen vorbeikommen, melden Roberts akustische Sensoren plötzlich Besonderes: „Da ist doch irgendwas!" Armstrong und Knolle bleiben stehen und lauschen. „Stimmt, jetzt hör' ich's auch; das klingt so ähnlich wie Vogelgezwitscher", erkennt Armstrong. „Aber nur so ähnlich", ergänzt Knolle, „ich wette, daß da Sepp dahintersteckt."

Die drei schlagen den Weg zu Wurzels uriger Behausung ein. Der sitzt gemütlich vor seiner Hütte und lauscht zufrieden dem seltsamen Gefiepe.

„Prima Vogelgezwitscher, was?!" begrüßt er die anderen und erklärt, als er ihre verdutzten Gesichter sieht: „Ich halte ein paar Vögel: einen Hochfieper, einen Mittelfieper und einen Tiefficper. Da ich aber leider hier in der Raumstation aus Platzgründen nicht mehrere Exemplare halten kann, mußte die Elektronik für Spielkameraden sorgen. Ich kann mit dieser Schaltung verschiedene Tonlagen erzeugen, und so fühlen sich alle drei Fieperarten in ihrer 'Sprache' angesprochen."

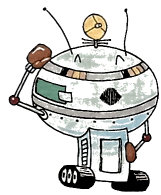
Robert hört sich die elektronischen Piepmätze eine Weile an. Die richtigen Vögel antworten dem Apparat von den Bäumen herab, je nachdem, welche Tonlage Wurzel auf seinem Gerät imitiert.

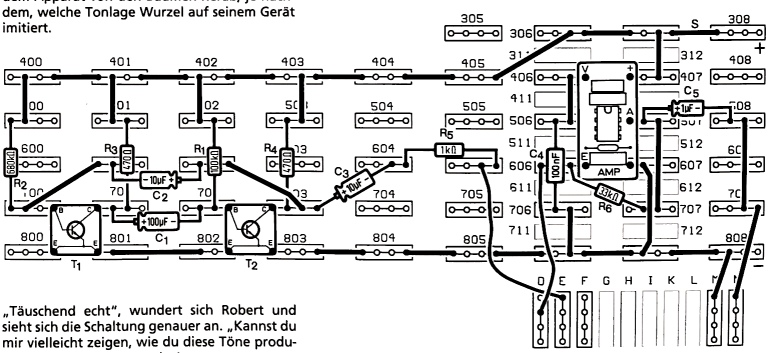
175 Robert probiert dann, was ein Drehen des Knopfes bewirkt.

Wenn er den Knopf nach links dreht, wird die Tonfolge tiefer; je weiter er den Knopf nach rechts bewegt, desto höher „zwitschert" die kleine Melodie.

„Der linke Teil der Schaltung", erklärt Armstrong, ist wieder ein Blinker." Und Wurzel ergänzt: „Wobei wir die Leuchtdioden weglassen, damit die Vögel durch die Lichtblitze nicht erschreckt werden."

„Der rechte Teil", fährt der Professor fort, „ist ein Tongenerator, der über den Kondensator C3, den Widerstand R5 und das Poti mit dem Blinker gekoppelt ist. Eigentlich kann der Tongenerator nicht arbeiten, denn ihm fehlt die erforderliche Verbindung über einen Widerstand nach Minus. Jedesmal jedoch, wenn T2 leitend wird, gibt es über C3 einen dicken negativen Impuls, der wie eine Verbindung nach Minus wirkt; der Tongenerator schwingt an, beendet seine Arbeit aber wieder, sobald der Impuls zuende ist."





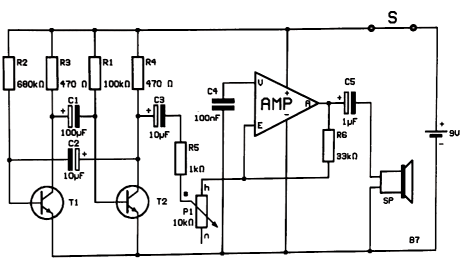
„Täuschend echt", wundert sich Robert und sieht sich die Schaltung genauer an. „Kannst du mir vielleicht zeigen, wie du diese Töne produzierst?" will er von Wurzel wissen.

173 „Aber sicher doch", meint der und zeigt dem Roboter-Assistenten einen Schaltplan, den gleichen, der rechts abgebildet ist. M-3 steckt den Aufbau sofort zusammen. Die Schalterbrücke S steckt er noch nicht ein.

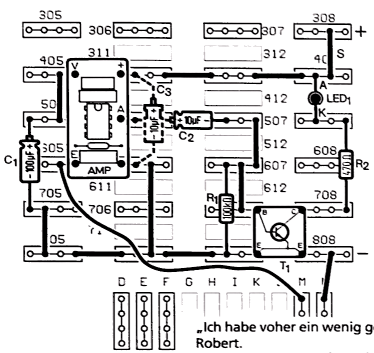
„Und wie hast du das Drehpoti eingestellt?" interessiert sich Robert.

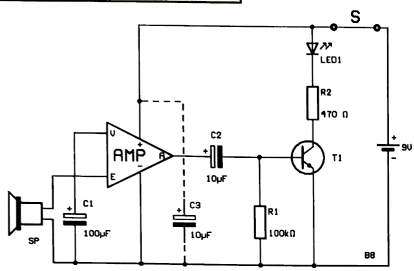
174 „Das Potentiometer sollte zunächst auf Mittelstellung stehen", teilt Wurzel mit und schließt die Batterie an.

Gleich ertönt das erste Zwitschern: Es ist im ersten Moment hoch und schrill, wird dann tiefer und bricht schließlich ab. Nach rund zehn Sekunden ist wieder ein Zwitscherton zu hören, ohne daß Robert irgendwie in die Schaltung eingegriffen hätte.



Wenn Roboter forschen



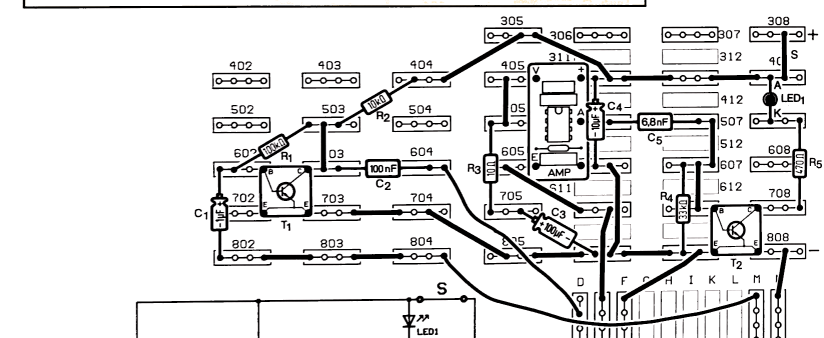


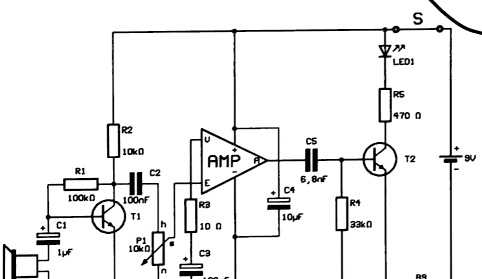
„Ich habe voher ein wenig gebastelt", berichtet Robert.

176 Er präsentiert einen genauen Plan, der so aussieht wie der oben. Armstrong steckt die Bauteile zusammen. Dann klatscht Robert ein paar Mal laut in die Greifhände, pfeift, klopft auf die Tischplatte.

Die Diode leuchtet bei jedem Schallereignis auf. „Sehr beachtlich, Robert", lobt der Professor den kleinen Roboter. „Das ist das Grundprinzip einer Lichtorgel. Zwar kann man mit dieser Schaltung auch einfach Geräusche sichtbar machen, ihre richtige Anwendung findet sie jedoch, wenn sie, mit mehreren Leuchtdioden bestückt, den Rhythmus der Musik mit Licht begleitet."

Eine Lichtorgel mit Komfort





„Ich habe ebenfalls eine Lichtorgel entwickelt", meint Armstrong.

177 Er steckt sie entsprechend den Zeichnungen zusammen. Er bringt P1 in Mittelstellung und trällert in den Lautsprecher. Im Takt der Musik leuchtet die LED.

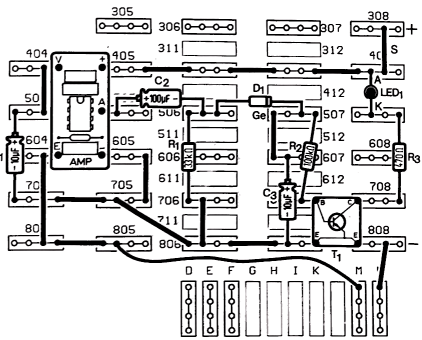
178 Der Professor verstellt die Empfindlichkeit, indem er das Potentiometer mal nach links, mal nach rechts dreht. ‚Links' springt die Lichtorgel erst bei kräftigem Geräusch an, während sie in Stellung ‚rechts' bereits das leiseste Hüsteln in einen Lichtblitz umsetzt.

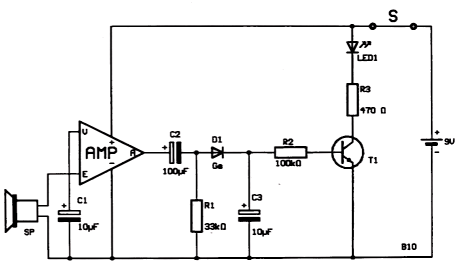
„Der Manager des Varietés behauptet", teilt der große Zauberer Hokus Pokus über den Armbandcomputer seinem Freund Armstrong mit, „daß der Applaus in meinen Zaubershows in letzter Zeit zurückgegangen sei. Ich habe aber den Eindruck, daß er älter wird und sein Gehör nachläßt. Kannst du mir helfen?"
Sofort klinkt sich Armstrong ins Stationstransportsystem ein und düst in Richtung der Abteilung „Saturn". Robert rollt wie der Blitz hinterher. Noch im Schweben plant der Professor einen Apparat, der seinem Freund Hokus aus der Patsche helfen wird.

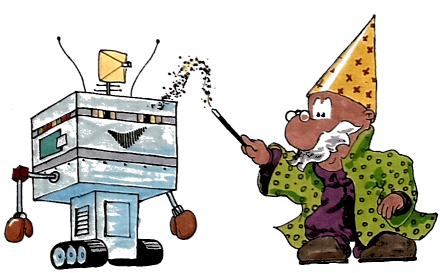
179 Auf „Saturn" angekommen, steckt er gleich das Gerät entsprechend den Zeichnungen rechts zusammen. Die Schalterbrücke S stöpselt er ganz zum Schluß ein.
Die Diode springt an, verliert aber in fünf Sekunden ihre Leuchtkraft und geht dann ganz aus.
Hokus nimmt die seltsame Schaltung zu seinem Auftritt mit. Unauffällig versteckt er sie hinter der Bühne; dort beobachten Armstrong und Robert, was die Leuchtdiode macht.

180 Ein einzelner Klatscher unterbricht Hokus' Zauberkunststücke.
Die Leuchtdiode strahlt auf und verlischt nach etwa zwei Sekunden wieder.

181 Nach der Schlußnummer der grandiosen Zaubershow brandet heftiger, langanhaltender Beifall auf.
Die Diode strahlt so lange Licht ab, bis auch der letzte Klatscher verklungen ist.
„Jetzt müssen wir uns nur noch eine Stoppuhr besorgen und messen, wie lange die Leuchtdiode strahlt", meint der Professor. „Damit kannst du, lieber Hokus, dann eindeutig nachweisen, daß deine Magie nichts von ihrer Anziehungskraft verloren hat."
„Es freut mich zwar", betont Robert, „daß wir mit dieser Schaltung dem Zauberer helfen. Mich interessiert jedoch darüberhinaus, warum das Klatschometer das tut, was es tut."
Armstrong erklärt es ihm gerne: „Klatschen sorgt dafür, daß sich der Kondensator C2 auflädt. Dadurch kann auch C3 über die Diode D Elektronen aufnehmen; gleichzeitig wird der Transistor T1 leitend und ermöglicht einen Stromfluß durch die Leuchtdiode: Sie leuchtet. C3 kann sich über R1 (33 kΩ) nicht mehr entladen, denn die Diode D sperrt diese Stromrichtung. Also entlädt sich der Kondensator über R2 (100 kΩ). Da dieser Widerstand ziemlich groß ist, dauert das Entladen eine ganze Weile. Deshalb wird die Diode nur langsam dunkler. Treffen ganze Klatschsalven auf den Lautsprecher, dann hat C3 einfach keine Zeit, sich immer wieder zu entladen. Die Folge: Die Leuchtdiode brennt ununterbrochen."





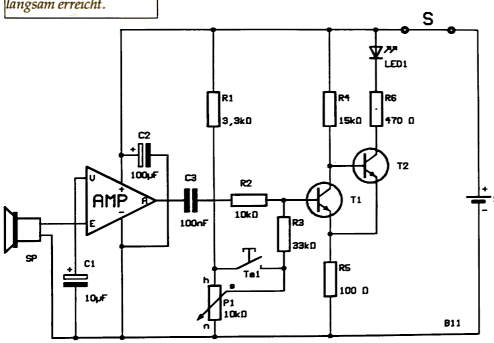


Roberts Notizblock

Der rechte Teil der Schaltung ist ein „Schmitt-Trigger", benannt nach dem Physiker Schmitt. Dabei hängen die Emitter der beiden Transistoren über einen gemeinsamen Widerstand (in unserem Falle R5) am Minus-Pol der Batterie. Das Wort „Trigger" (engl.) bedeutet „Auslöser". Die Schaltung löst erst dann aus, wenn eine Schwelle überschritten wird. Dabei ist es gleichgültig, ob man die Schwelle schnell oder langsam erreicht.

„Lieber Hokus", sagt der Professor, „wir haben zwar festgestellt, daß deine Tricks noch immer die Menschen begeistern. Trotzdem wäre es doch sicher spannend, gelegentlich mal eine neue Überraschung ins Programm zu nehmen."
„Nichts lieber als das", nickt Hokus, „allerdings bin ich ja nicht der große Elektroniker, sondern bloß ein einfacher Zauberer. Bei der Entwicklung neuer Gags müßtest du mir schon ein bißchen helfen", bittet er. „Das habe ich mir schon halb gedacht", erwidert Armstrong und packt ein seltsames Gerät aus.

182 Pokus baut den Apparat natürlich sofort nach. Er sieht so aus wie die Zeichnung unten. Armstrong stellt den Drehknopf auf eine mittlere Stellung und klatscht über dem Lautsprecher zwei, drei Mal in die Hände.
Bei jedem Klatschen leuchtet die Diode kurz auf und verlischt wieder. „Ich bitte dich", zeigt sich Pokus enttäuscht, „das ist nun wirklich nichts Besonderes." Der Professor beruhigt ihn: „Die Tricks kommen ja erst noch."

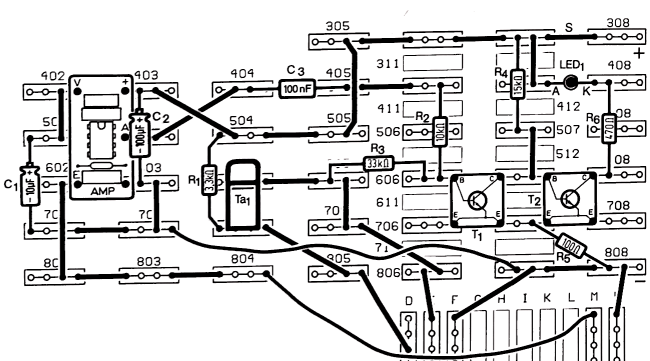


183 Er dreht den Knopf P1 vorsichtig nach rechts, bis die Diode anspringt und anbleibt. Dann dreht er den Knopf wieder ein ganz kleines Bißchen nach links – gerade so, daß die Diode wieder ausgeht. Erneut klatscht er am Lautsprecher in die Hände.
Die Diode strahlt im hellsten Schein und bleibt an.
„Jetzt verstehe ich", begeistert sich der Zauberer, „über ein Netzschaltgerät (siehe „Roberts Notizblock" am Ende diese Kapitels) kann ich jetzt eine 220-V-Tischleuchte oder eine Stehlampe oder die Saalbeleuchtung hier – hokuspokus – durch Klatschen einschalten. Einfach zauberhaft!"

184 „Und wenn du dieses Zauberlicht wieder ausmachen willst", erklärt Armstrong, „brauchst du nur Ta1 zu drücken."
Während sich der Magier freut wie ein Schneekönig, erklärt der Professor, was hier eigentlich passiert: „Das Poti wurde so eingestellt, daß T1 gerade so viel Basisstrom bekam, wie er zum Leiten brauchte. Wenn T1 leitet, sperrt T2; die LED ist dunkel. Jetzt kommt über den Kondensator ein Klatscher in Form eines Impulses. Der knabbert für den Bruchteil einer Sekunde Basisstrom weg, so daß T1 sperrt und T2 infolgedessen leitend wird."
„Warum bleibt dann aber die LED brennen, wenn der Klatscher längst beendet ist?" will M-3 wissen. „Das hängt", weiß Armstrong, „mit R5 in der gemeinsamen Emitterleitung der Transistoren zusammen. Wenn T2 leitet, fließt wegen seines kleinen Kollektorwiderstands ein viel höherer Strom durch R5, als wenn T1 leitet, dessen Kollektorwiderstand immerhin 15 kΩ beträgt. An R5 fällt beim höheren Strom eine höhere Spannung ab, und die hat nun wiederum zur Folge, daß die Einschaltschwelle für T1 höher ist als vor dem Klatscher. Erst durch Drücken von Ta1 wird dem Transistor wieder so viel Basisstrom zugeführt, daß er leitet. Damit ist der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt."

Roberts Notizblock

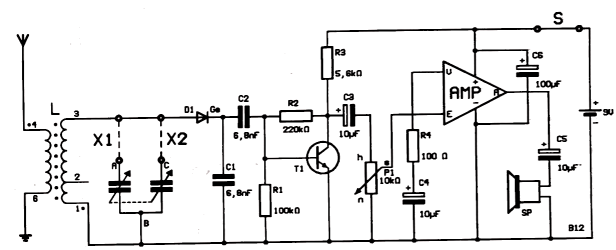
Der „Geisterschalter" kann auch zum Ein- und Ausschalten 220-Volt-Lampen eingesetzt werden. Dafür ist das KOSMOS Netzschaltgerät erforderlich. Zum Anschluß des KOSMOS Netzschaltgerätes an die Elektronik müssen LED1 und der Widerstand R6 (470 Ω = gelb-violett-braun) herausgezogen und die beiden Kabelstifte des Netzschaltgerätes in die Steckfedern 407 und 608 eingesteckt werden.

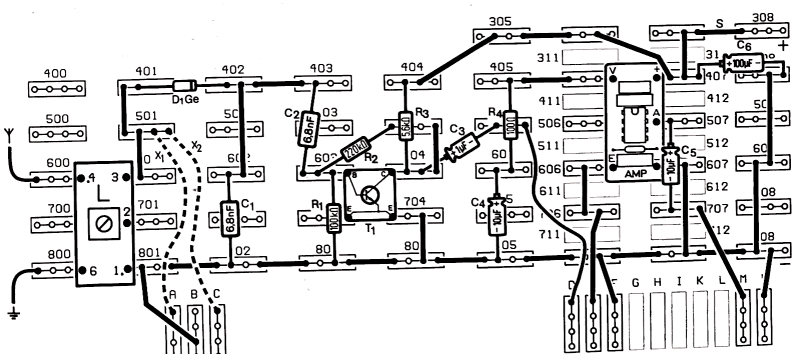


Kurt Welle meldet sich bei Armstrong: „Ich hätte da mal wieder was für Ihren Assistenten Robert. Im Voltasium, der Ausbildungsstätte für Elektroniker, beginnt in wenigen Minuten ein neuer Vortrag von Ruth Frequenz. Sie wird zwei leistungsstarke Radioempfänger vorstellen." Das kann Armstrong zunächst nicht vom Hocker reißen: „Hatten wir doch schon."
„Mitnichten", antwortet Welle, „denn dieses Mal wird das Radio nicht nur einem einzelnen Zuhörer zur Verfügung stehen, der den Ohrhörer im Lauscher trägt. Frau Frequenz hat mir versprochen, daß sie die Geräte mit Lautsprechern versehen wird. Die Beschallung einer ganzen Party mit flotter Radiomusik sei damit gewährleistet." Na, und das sollten wir uns doch unbedingt mal anhören!

„Auf 'Los' geht's los", drängelt Robert, und schon sind die beiden auf dem Weg zur Abteilung „Merkur".

185 Ruth Frequenz hat den Schaltplan für das Radio mit Lautsprecher bereits an die Wand gemalt, als Armstrong und M-3 eintreffen. Der Plan entspricht exakt der Skizze unten. Robert baut natürlich sofort mit Hilfe von Armstrongs Bauteilekoffer den Empfänger zusammen. „Mit Erd- und Antennenkabel verfahren wir so", ergänzt Frau Frequenz, „wie wir es bei Versuch 143 kennengelernt haben. Entsprechend Versuch 144 bis 146 stellen wir uns einen Sender ein, dessen Programm uns gefällt."
Schon nach ein paar Minuten schallen die verschiedenen Musikstile vom Galaxy-Folk über den Raum-Rap bis zum All-Pop wild durcheinander.



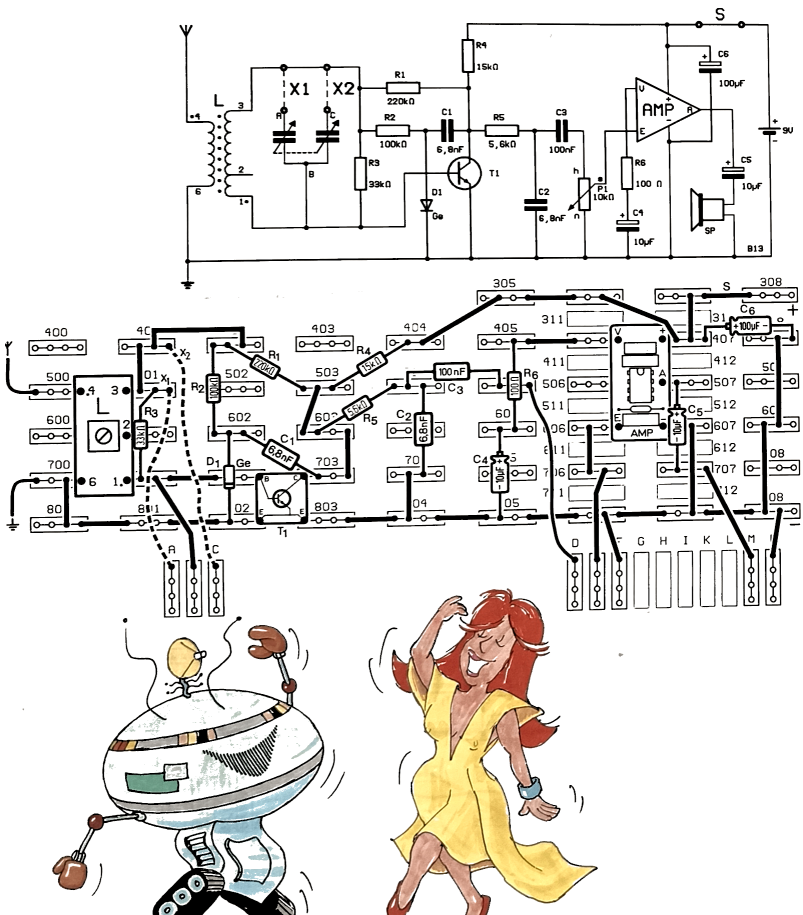


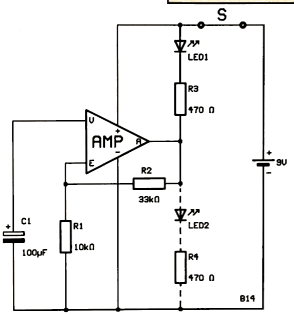
Der Reflexempfänger hilft weiter

„Wenn ich um Ruhe bitten dürfte", ruft Frau Frequenz, und gleich verstummen die Sphärenklänge. „Es wird Sie kaum verwundern, daß wir mit Hilfe des Verstärkermoduls auch den Reflexempfänger mit Lautsprecher betreiben können."

186 Sie baut das Gerät auf, wie es die Skizzen unten zeigen. Wie gehabt stellt sie einen gewünschten Sender mit Hilfe der Drahtbrücken X1 oder X2 oder beider, außerdem durch Betätigen des Drehkondensators ein. Erd- und Antennenkabel schließt sie in bewährter Manier an.

Selbst weiter entfernte Sender werden laut und deutlich hörbar.





Robert setzt sich neben seinen Roboterbruder Siegfried. „Hast du schon mal was von Rückkopplung gehört?", fragt Siegfried. „Aber klar!" brüstet sich der Assistent. „Du hast aber bestimmt nicht gewußt", sagt Siegfried, „daß wir sie in Schaltungen verwenden können."

187 Er zeigt unter der Bank einen Aufbau, der genau so aussieht wie der rechts. Die gestrichelten Teile baut er noch nicht ein.

Als Siegfried die Schalterbrücke S einsetzt, beginnt die Diode, etwa einmal pro Sekunde zu blinken.

Robert schaut ihm staunend zu: „Heißt das, im Augenblick schwingt die Schaltung einmal pro Sekunde?" fragt er den Bruder. „Genau", antwortet Siegfried, „aber das läßt sich ändern."

188 Er steckt als C1 einen Kondensator mit 10 µF in die Schaltung.

Die Diode blinkt wesentlich schneller, etwa fünf Mal pro Sekunde.

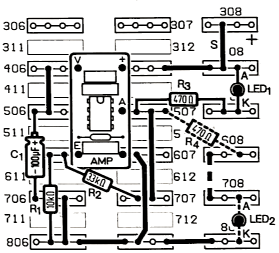
189 „Aber es geht auch wieder etwas langsamer", meint Siegfried und verwendet als C1 einen Kondensator mit 100 µF und außerdem als R1 einen Widerstand mit 3,3 kΩ. Jetzt blinkt die LED etwa drei Mal pro Sekunde.

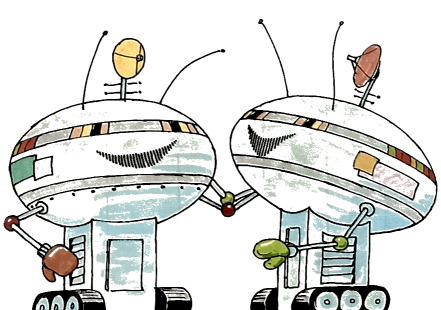
190 Zusammen mit dem 470-Ω-Widerstand R4 baut er eine grüne Diode an der gestrichelten Stelle ein. C1 hat 100 µF und R1 10 kΩ.

Nun blinken die beiden Dioden abwechselnd im Sekundentakt.

Frau Frequenz kommt herbeigeeilt und fragt streng: „Was habt ihr denn da unter der Bank?" Siegfried stellt den Aufbau auf den Tisch, Ruth Frequenz begutachtet das Wunderwerk. „Und, könnt ihr auch erklären, was passiert?"

Siegfried probiert's: „Indem wir den Ausgang des Verstärkers über einen Widerstand mit seinem Eingang verbinden, erreichen wir, daß das System auf jeden Fall schwingt. Die Schwingungshäufigkeit, also die Blinkfrequenz, hängt von C1 und vom Verhältnis R2 zu R1 ab. Je mehr Ladung C1 speichern kann, desto seltener blinkt die Diode. Wächst das Verhältnis R2 zu R1, dann wird auch – entschuldigen Sie – die Frequenz höher. Je näher die Werte von R2 und R1 beieinanderliegen, desto länger strahlt die Diode nicht. Auf jeden Fall muß R1 mindestens anderthalb bis zweimal so groß sein wie R2, sonst blinkt die Diode überhaupt nicht."



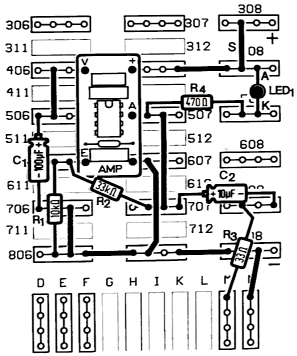


Ein Blinker, der laut tickt

Nach der Vorlesung nimmt Ruth Frequenz Professor Armstrong zur Seite und klagt ihm ihr Leid: „Du wirst es nicht glauben, aber die Sicherheitsprobleme mit unserem Imbißwagen nehmen und nehmen kein Ende." Armstrong schüttelt nur ungläubig den Kopf: „Ich dachte, mit der Hupe hätten wir die Sache längst erledigt."
„Durchaus nicht", bedauert Frau Frequenz, „da fährt doch neulich das Ding durch unsere Abteilung, die Fahrerin setzt den Blinker und biegt ab. Leider war sie mit ihren Gedanken nicht ganz bei der Sache, und vergaß, den Blinker wieder auszuschalten. An der nächsten Kreuzung war der Blinker immer noch eingeschaltet, obwohl sie geradeaus fahren wollte. Und prompt schubste sie eine Fußgängerin, die dem Blinksignal geglaubt hatte, unsanft gegen ein Funkgerät."
„Wahrscheinlich würde es schon helfen", vermutet der Professor, „wenn wir die Fahrerin durch eine akustische Blinkerkontrolle aus ihren Träumen reißen würden." Dem kann Ruth Frequenz nur zustimmen: „Und wie sollte nach deiner Meinung eine solche Schaltung aussehen?" Und schon kramt Armstrong geschäftig in seiner Tasche und fummelt einige elektronische Bauteile heraus.

191 „Ich denke, so müßte es eigentlich gehen", sagt Armstrong bedächtig und baut eine Schaltung auf, die der unten abgebildeten genau entspricht.
Tatsächlich erklingt bei jedem Ein- und bei jedem Ausschalten der Leuchtdiode ein „Knack" aus dem Lautsprecher.
Ruth Frequenz ist allerdings skeptisch: „Ich denke, daß die Lautstärke bei weitem noch nicht dazu ausreicht, um die Aufmerksamkeit der Fahrerin wesentlich zu erhöhen. Das Warnsignal müßte viel, viel lauter sein."

192 „Überhaupt kein Problem!" behauptet Armstrong. Er ersetzt R3 durch einen Widerstand mit 0 Ω, also durch eine ganz simple Drahtbrücke.
Wie der Professor vorausgesagt hat, sind nun die Knacktöne viel lauter. „Wenn das nicht reicht", sagt Frau Frequenz, „dann weiß ich auch nicht, was ich noch tun soll."



Professor Armstrong erzählt Ruth Frequenz, wie er Robert M-3 hereinlegen will: „Wie wir ja alle wissen, haben Roboter der M-Serien keine Beine, sondern Ketten, die über Rollen laufen und dabei immer solch komische Knackgeräusche von sich geben. Mit diesen 'Füßen' bewegen sie sich ganz schön flott und elegant fort." Frau Frequenz nickt: „Wenn die mit 80, 90 Sachen durch die Station düsen, dann ist was los. Ein Glück, daß sie ausgereifte Fahrprogramme und ein absolut sicheres Bremssystem haben, den All-Brutalo-Stop, kurz ABS."

„Nun ist es so, daß Robert bei weitem nicht immer kommt, wenn ich ihn rufe", erläutert der Professor weiter seinen Plan. „Ich will mir zunutze machen, daß sich Robert immer ungeheuer freut, wenn er einen anderen M-3, also einen Bruder oder eine Schwester trifft. Ich werde deshalb eine Schaltung entwerfen, die das Knacken der 'Roboterbeine' ganz genau simuliert. Sobald Robert das hört, wird er sofort herbeigerast kommen."

Armstrong und Frau Frequenz ziehen sich in einen kleinen Arbeitsraum zurück, damit Robert nur ja nicht zu früh von der Sache Wind bekommt.

193 Dort baut der Professor den M-Roboter-Rollen-Knackgeräusch-Simulator so auf, wie in der Zeichnung rechts dargestellt. Dabei dreht er das Poti P1 ganz bis zum linken Anschlag.

Nach Einstecken der Schalterbrücke S ist eine langsame Folge von Knacklauten zu hören.

„Erstaunlich", meint Ruth Frequent bewundernd, „das klingt exakt so, wie wenn Robert gemütlich durch die Gassen schlendert."

194 Nun dreht Armstrong das Potentiometer langsam nach rechts.

Die Geschwindigkeit der Lautfolge nimmt entsprechend zu.

„Man denkt ja wirklich", freut sich Frau Frequenz, „Robert hätte im Moment eine Go-Cart-Bahn entdeckt und steuere sie nun mit steigender Geschwindigkeit an!"

195 „Jetzt lassen wir ihn mal richtig lostraben", kündigt der Professor an und zieht den 10-kΩ-Widerstand R1 (braun-schwarz-orange) heraus und verwendet an seiner Stelle einen Widerstand mit 3,3 kΩ (orange-orange-rot). Dann dreht er den Knopf P1 in aller Ruhe von ganz links nach ganz rechts.

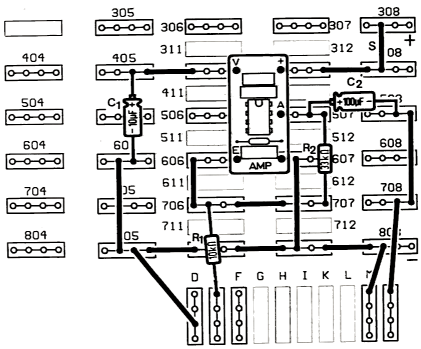
Ruth Frequenz ist begeistert: „Als hätte Robert den dritten Gang eingelegt!"

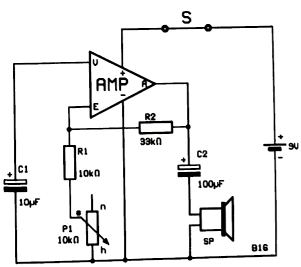
Die beiden gehen wieder in den Hörsaal, bleiben aber hinter einer Säule stehen – so, daß Robert sie zwar nicht sehen kann, aber sicher hört. „Robert, kommst du mal eben?" ruft Armstrong zu M-3 hinüber. Nichts rührt sich. „Dir werd' ich's zeigen!" murmelt der Professor schadenfroh.

196 Er ersetzt schnell R1 durch einen Widerstand mit 1 kΩ (braun-schwarz-rot), steckt die Schalterbrücke S ein und dreht das Poti langsam von links nach rechts.

Aus dem Lautsprecher ist eine schnelle Tonfolge zu hören, die stark an einen rasenden Roboter erinnert.

Sofort unterbricht Robert sein Gespräch, wendet seine Denkschale nach allen Richtungen und fragt: „Wo ist hier eines meiner Geschwister?"





Das Piano der „Pluto"-Musiker

Völlig verzweifelt meldet sich Dan Movie von der Unterhaltungsabteilung „Pluto" über Fixfax bei Professor Armstrong: „Die Musikgruppe 'electrons in the galaxy' bereitet bei uns gerade eine Fernsehaufzeichnung vor. Vor ein paar Minuten hat aber das Maskottchen der Musikanten, ein weißer Riesenpudel, das elektronische Klavier umgeworfen. Nicht ein einziges Bauteil steckt mehr am richtigen Platz!"

Armstrong und Robert wissen, was das bedeutet: Ein Eilausflug nach „Pluto" steht an.

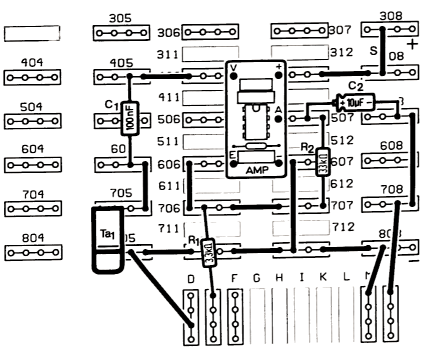
„Oh je, oh je", schlägt der Professor die Hände über dem Kopf zusammen, als er den Trümmerhaufen sieht, der einstmals ein stolzes Klavier war.

„Ob wir das in der Kürze der Zeit wohl wieder hinbekommen?" Er stöpselt hier einen Widerstand hin, dort einen Kondensator. Schließlich erkennt er die Unmöglichkeit seines Unterfangens: „Hat nicht wenigstens einer einen Schaltplan dabei?"

Der silbrig schimmernd bekleidete Pianist der Kapelle wühlt aufgeregt zwischen seinen Notenblättern, Texten und Notizzetteln.

„Ich glaube, der könnte es sein", meint er endlich und drückt Armstrong eine Skizze in die Hand.

197 Der Professor baut nach dem Plan – er entspricht übrigens in allen Einzelheiten der Skizze unten – das Musikinstrument auf und drückt zur Kontrolle auf den Taster.



„Also erstens sehe ich an dem Gerät keine Tastatur, und zweitens kann ich den einsamen Ton, der aus dem Lautsprecher klingt, noch lange nicht für eine Melodie halten", beklagt sich M-3.

„Also erstens braucht man für dieses Hyper-Pianofon keine Tastatur", belehrt ihn der Klavierspieler, „und zweitens werde ich dir gleich zeigen, welch traumhafte Melodien das Instrument zu produzieren in der Lage ist."

198 Ganz locker umfaßt er mit Daumen und Zeigefinger der rechten Hand den Drehknopf P1, drückt mit dem Zeigefinger der linken Hand den Taster, verdreht dann den Poti etwas und drückt wieder.

Tatsächlich ertönt aus dem Lautsprecher vernehmlich die Melodie des aktuellen Superhits „Sterne am Himmelszelt".

Doch als der Sänger beginnt, den Song weiter zu trällern: „... nichts Schön'res auf der Welt", schlägt Robert rasch vor, das Piano auch für andere Tonlagen umzubauen.

199 „Nichts leichter als das", behauptet der Professor, nimmt den 100-nF-Kondensator aus der Schaltung und steckt an seine Stelle einen 1-µF-Kondensator. Der Pianist bedient das neue Instrument gleich wie das alte.

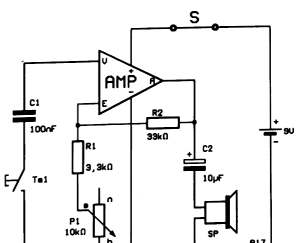
Die Töne des „Baß-Klaviers" liegen um ungefähr eine Oktave tiefer.

„Für einfache Schlager reicht ja der Tonumfang", weiß der Pianist, „aber für etwas aufwendigere Kompositionen müßte ich schon noch ein paar Töne mehr haben."

200 „Ihr Wunsch ist mir Befehl", nickt Armstrong. Er zieht den 3,3-kΩ-Widerstand R1 (orange-orange-rot) aus dem Aufbau und verwendet als neuen R1 einen Widerstand mit 1 kΩ (braun-schwarz-rot). Sogleich testet der Klavierspieler auf die bekannte Weise auch diese Version.

Der Tonumfang beträgt nun tatsächlich mehrere Oktaven.

Allerdings muß der Pianist zugeben, daß es sehr schwierig ist, den richtigen Ton sauber zu treffen. „Da werde ich wohl noch ein bißchen üben müssen." Der weiße Riesenpudel bellt bestätigend.



„Uffffffff", klingt Robert, als würde er auf dem letzten Loch pfeifen. Er fühlt sich seit einigen Minuten seltsam müde und abgespannt. „Sollte etwa dein Akku vom vielen Lernen schon wieder leer sein", mutmaßt der Professor, „da gibt's nur eins: ab zu Manne Panne in die Weltraum-Werkstatt 'Uranus'."

Zum Glück hat der Obermechaniker gerade Zeit für die zwei.

Er schließt den Roboter an die Meßinstrumente an, die anzeigen: „Dringend Nachladen erforderlich!"

Während Roberts Akku zum Aufladen weggebracht wird, erzählt Panne, was er heute morgen erfunden hat.

„Da ist den Spezialisten von der Robotermanufaktur vor ein paar Monaten ein Fehler unterlaufen, der erst jetzt bekannt wurde: Einige Roboter der Serie M-2,5 sind ziemlich farbenblind, ihre Optosensoren können Rot nicht von Grün unterscheiden!"

„Das ist aber ganz schön peinlich", wiegt Armstrong bedenklich den Kopf, „denn an der Ampel marschieren die ja dann womöglich zum falschen Zeitpunkt auf die Fahrbahn." Panne weiß, daß dies schon ein paar Mal passiert ist: „Und einigen Robotern hat's dabei sogar recht übel die Antennen verbogen."

„Deshalb müßte man eigentlich die Lichtzeichenanlagen mit hörbaren Signalen ausstatten", schlägt der Professor vor. „Wird bereits vorbereitet", teilt Panne mit, „ich habe da gleich eine entsprechende Schaltung entwickelt."

201 Er zeigt Armstrong stolz seine neue Erfindung. Ihr Schaltplan gleicht dem oben abgebildeten. Der Professor läßt es sich nicht nehmen, das Gerät sofort aufzubauen. Dabei läßt er die gestrichelt gezeichnete Drahtbrücke und die Leuchtdiode vorerst weg.

„Solange keine Diode – ganz gleich welcher Farbe – im Aufbau steckt", beklagt sich Robert, der aus dem Wartungszimmer die Experimente verfolgt, „kann der Apparat weder Rot, noch Grün akustisch anzeigen!"

202 „Stimmt schon", bestätigt Panne, „aber vorher müssen wir noch testen, ob die Anlage insgesamt funktioniert." Dazu steckt er die Drahtbrücke X in die Schaltung.

Ein sehr hoher Ton zeigt, daß der Apparat einsatzfähig ist.

203 Jetzt setzt Panne die rote Leuchtdiode statt der Drahtbrücke ein.

„Aha", bemerkt Armstrong, „ein hoher Ton signalisiert also 'Rot'."

204 Nun entnimmt der Mechaniker die rote Leuchtdiode und steckt stattdessen die grüne Leuchtdiode in die Schaltung.

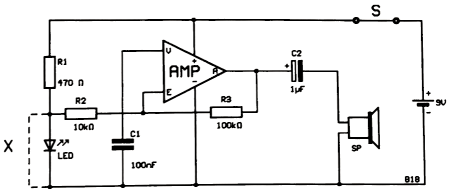
„Ich hab mir's schon fast gedacht", sagt der Professor, „ein tiefer Ton teilt 'Grün' mit."

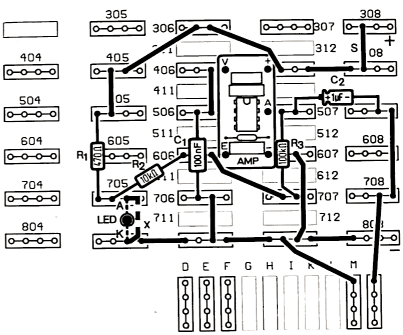
„Leider ist die Farbenblindheit einiger M-2,5 nicht der einzige Mangel, den diese Roboter aufweisen", berichtet Panne, „manche von ihnen haben darüber hinaus auch ganz schlechte akustische Sensoren."

205 „Da hilft nur eins: Die Farbwarnlaute müssen lauter werden", empfiehlt Armstrong. Um dies zu erreichen, ersetzt er den 1-µF-Kondensator C2 durch einen Kondensator mit 10 µF.

„Das müßte den Gehörgang selbst des schwerhörigsten M-2,5 zum Klingen bringen", meint Robert, dessen Akku inzwischen frisch aufgeladen ist und der sich entsprechend fit fühlt. „Dein Tatendrang reicht jetzt sicher auch dazu aus, den Effekt zu erklären", fordert ihn der Professor auf.

„Das Verstärkermodul", beginnt Robert seinen Erklärungsversuch, „ist auch hier als Tongenerator geschaltet – das sieht man am deutlichsten, wenn die Drahtbrücke X eingesteckt ist: Die erforderliche Verbindung vom Eingang E über den Widerstand R2 nach Minus ist dann direkt geschaltet. Wenn statt der Drahtbrücke Dioden eingesetzt werden, liegt vor dem Widerstand R2 noch eine Diode, die zwar in Durchlaßrichtung wirkt, aber natürlich einen kleinen Spannungsverlust zur Folge hat. Dadurch ändert sich der Ton. An der grünen LED bleibt etwas mehr Spannung 'hängen', an der roten etwas weniger: daher die unterschiedlich hohen Töne."





Roberts Notizblock

Diese Versuchsreihe funktioniert nur dann einwandfrei, wenn man eine ganz frische Batterie verwendet.

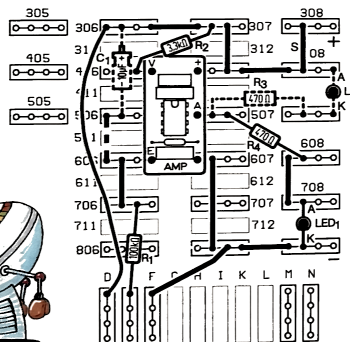
Licht wandert hin und her

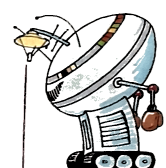
Robert hat ein Problem: „Gestern abend wollte ich noch ein bißchen in einem Fantasy-Roman lesen, um zu entspannen. Die aus vielen Leuchtdioden bestehende Nachtbeleuchtung in meinem Ruheraum war allerdings so hell, daß mir die Optosensoren richtig gebrannt haben." Armstrong vermutet: „Dazu ist dir aber doch sicher was Elektronisches eingefallen."

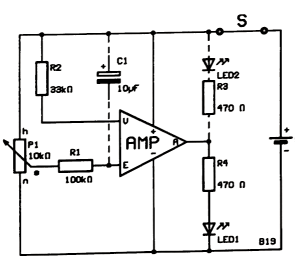
„Schon, aber dann sind mir laufend die Leuchtdioden durchgebrannt", bedauert M-3, „ich habe einfach das Drehpoti in Reihe mit den Dioden geschaltet." Daß dann die Dioden kaputtgingen, wundert den Professor überhaupt nicht: „Wenn du das Poti zu weit aufgedreht hast, war sein Widerstand zu klein, der Stromfluß entsprechend zu hoch, das können Leuchtdioden gar nicht aushalten!"

„Man müßte eine solche Dimmerschaltung, also einen Aufbau, der die Helligkeit von Dioden stufenlos regelt, etwas trickreicher anlegen", grübelt Armstrong.

206 Sogleich ist ihm etwas eingefallen: Er bastelt ein Gerät entsprechend der Skizze unten zusammen. Die gestrichelt gezeichneten Teile läßt er zunächst weg. Den Potiknopf dreht er zunächst ganz nach links.







Die Leuchtdiode leuchtet nicht – auch wenn er den Knopf ein wenig nach rechts dreht.

207 Nun verstellt Armstrong den Drehknopf weiter nach rechts und spielt dann hin und her. Dabei achtet er genau darauf, was die Leuchtdiode tut.

Etwa bis Mittenstellung des Knopfes geht die Diode an und wird dann immer heller, je weiter Armstrong den Knopf nach rechts dreht. Oberhalb einer bestimmten Schwelle wird die Diode allerdings nicht mehr heller.

„Mit meiner Aktion", erklärt der Professor, „verändere ich ja die Spannung, die am Eingang E des Verstärkers liegt. Wenn der Eingang V über einen Widerstand mit dem Plus-Pol der Batterie verbunden ist, dann verhält sich die Schaltung immer genau so, wie wir es beobachtet haben."

„Das schöne an diesem Aufbau ist", verkündet Armstrong, „daß er noch mehr kann, als wir ihm bisher abgefordert haben. Er kann nämlich auch Licht von einer zur anderen Diode 'schieben'. Damit tut er nichts anderes als der Balanceregler der Stereoanlage." Robert ist begeistert.

208 Der Professor steckt nun den gestrichelt dargestellten Widerstand R3 und die ebenfalls gestrichelt gezeichnete grüne Leuchtdiode LED2 in den Aufbau.

Das Drehen des Kopfes P1 sorgt dafür, daß das Licht zwischen den beiden Dioden „hin- und herwandert".

„Wenn ich es richtig verstanden habe", vermutet Robert, „dann wird beim Drehen des Potis die Ausgangsspannung des Verstärkermoduls zwischen Plus und Minus 'hin- und hergeschoben': Die erste Leuchtdiode hängt mit einem Bein am Plus-Pol, die zweite am Minus-Pol der Batterie. Je weiter sich die Ausgangsspannung vom Plus-Pol entfernt, desto heller kann die rote Diode leuchten; entfernt sie sich vom Minus-Pol, dann strahlt die grüne Diode."

Durch ein kurzes Kopfnicken bestätigt der Professor, daß der Roboter mit seiner Erklärung richtig liegt.

„Sollte dir der Wechsel des Lichts zwischen den beiden Dioden zu abrupt erscheinen, so können wir auch dieses ändern", sagt Armstrong.

209 Er steckt jetzt den gestrichelt angegebenen 10-µF-Kondensator C1 an der vorgesehenen Stelle in den Aufbau.

Obwohl Robert das Drehpoti rasch von links nach rechts und von rechts nach links dreht, erfolgen die Übergänge fließend.

„Der 'neue' Kondensator C1 lädt sich über den 100-kΩ-Widerstand R1 nicht schlagartig um, sondern nur allmählich", verrät der Professor den Trick.

„Eigentlich mal wieder Zeit für einen Besuch bei Julius", schlägt der Professor vor. Robert läßt sich nicht lange bitten. Der große Erfinder hat schließlich immer was Neues auf Lager. Sie klinken sich ins Transportsystem und machen sich auf den Weg zur Zentrale „Jupiter".

„Hallo, ihr beiden, freut mich, daß ihr wieder mal vorbeischaut, aber wirklich", begrüßt sie Julius Delta in seinem Büro. „Tag, alter Julius, aber wirklich," sagt der Professor schmunzelnd, „na, was machen denn die Schaltungen?" Auch Robert sagt brav „Guten Tag", wie es sich für einen lernenden Jungroboter gehört.

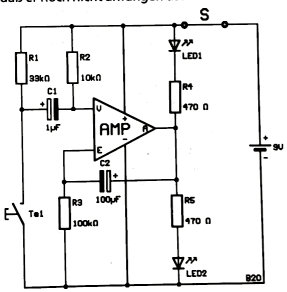
„Für dich hab' ich gleich was Spannendes", kündigt Julius Delta an, „könntest du mir vielleicht als Testroboter dienen?" Robert denkt nach, dann fühlt er sich geschmeichelt: „... wenn's denn der Wissenschaft dient und meine Antennen nicht verbogen werden."

„Also gut, das hier ist meine neueste Erfindung, aber wirklich", sagt Delta und zeigt ein Kästchen mit zwei Dioden und vielen kleinen Fächern. „Mit dem Gerät sollen Roboter auf ihre Geschicklichkeit getestet werden. Hier ist eine Schachtel mit genau 1111 Bauteilen; sortiere sie nach ihrer Art in die Fächer, sobald die grüne LED angeht."

„Aber erst möchte ich wissen", beharrt M-3, „wie der Testapparat von innen aussieht."

210 Delta zieht den Schaltplan aus seiner Schreibtischschublade, Robert baut ihn natürlich sofort nach. Er entspricht den Zeichnungen unten.

Die rote Diode leuchtet und signalisiert Robert, daß er noch nicht anfangen darf.



211 Robert kann es sich nicht verkneifen, die Taste zu betätigen.

Sofort gibt das Gerät M-3 das Zeichen zum Loslegen, indem es auf Grün umspringt, das heißt: Die rote Leuchtdiode verlischt, während die grüne angeht. Nach rund fünf Sekunden kehrt sich der Vorgang um: „Grün" geht aus, „Rot" leuchtet wieder auf.

„Da muß ich meine Greifhände aber ganz schön beschleunigen", beklagt sich M-3, „um in dieser kurzen Zeit die vielen elektronischen Bauteile zu sortieren!"

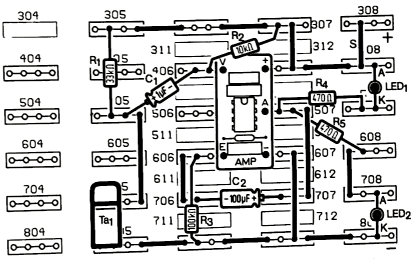
212 „Die Zeit, die dem Prüfling zur Verfügung steht, läßt sich verlängern", meint Delta und zieht den 100-kΩ-Widerstand R3 (braun-schwarz-gelb) aus der Schaltung; an seine Stelle steckt er einen 680-kΩ-Widerstand (blau-grau-gelb). Robert drückt auf die Taste.

„Na fabelhaft", freut er sich, denn er hat nun über zwanzig Sekunden lang Zeit, Widerstände, Transistoren, Dioden und Wasweißichnoch ins jeweils richtige Fach zu legen. „Je nachdem, ob wir einen größeren oder einen kleineren Widerstand als R3 verwenden, können wir die Gründauer fast beliebig verändern", ergänzt Delta.

„Wenn du ihn schon als Testobjekt verwendest, Julius, dann kannst du meinem Schüler sicherlich erklären, wie diese Schaltung funktioniert", schlägt Armstrong vor.

„Nichts leichter als das, aber wirklich", hebt Delta an, „zuerst liegt die Ausgangsspannung des Verstärkers nahe beim Minus-Pol der Batterie. Die Folge: Die grüne Diode tut nichts, während die über den Widerstand R4 am Plus-Pol liegende rote Diode aufleuchtet. Der Kondensator C1 ist völlig entladen. Sobald man die Taste drückt, lädt sich C1 über R2 schnell auf. Einen Teil des Ladestroms holt sich aber der Verstärkereingang V. Die Spannung des Verstärkerausgangs wandert auf den Plus-Pol der Batterie zu. Deshalb geht die rote Diode aus, wohingegen die grüne anspringt. C2, der zunächst leer war, füllt sich nun über R3; wie lange das Laden dauert, hängt von C2 und R3 ab – je größer die Kapazität des Kondensators und je höher der Ohmwert des Widerstands ist, desto länger dauert der Ladevorgang. Sobald eine bestimmte Ladespannung erreicht ist, springt der Verstärkerausgang quasi automatisch in seinen ursprünglichen Zustand zurück."

„Wir Experten haben für diese Schaltungsart natürlich auch einen eigenen Namen", ergänzt Armstrong, „wir nennen sie einen 'Monostabilen Multivibrator'. Das Wort ist uns aber meistens zu lang, deshalb sagen wir oft einfach nur 'Monoflop'. Im Gegensatz zum bistabilen Multivibrator hat der Monoflop nur einen stabilen Zustand, den nach einiger Zeit er von selbst wieder annimmt."



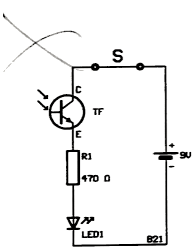
Licht läßt Strom fließen

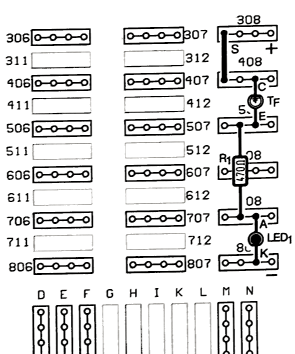
Robert entdeckt auf Deltas Schreibtisch ein Bauteil, das er noch nie gesehen hat. Es sieht ähnlich aus wie eine Leuchtdiode mit glasklarem Gehäuse. Neugierig nimmt er es in seine Greifhand und betrachtet es von allen Seiten. Dabei stellt er fest: „Wenn ich mir das seltsame Teil von unten anschaue, fällt mir auf, daß das ansonsten runde Gehäuse – wie bei einer LED – an einer Seite abgeflacht ist. Dort schaut auch das kürzere der beiden Anschlußbeine heraus. Und was kann dieses Bauteil?" bohrt Robert.

213 „Übers Studieren geht ja bekanntlicherweise das Probieren", verkündet Delta und baut die kleine Schaltung entsprechend den Zeichnungen unten auf. Seine Schreibtischlampe schaltet er ab.
Da die Leuchtdiode, die als Anzeigeinstrument für Stromfluß dient, kein Licht von sich gibt, ist festzustellen: Im dunklen Zimmer sorgt das neue Bauteil nicht für Stromfluß.

214 Nun schaltet Delta die Lampe an, und zwar so, daß ihr Licht direkt von oben in das Teil mit dem klaren Gehäuse fällt.
Nun erstrahlt auch die Leuchtdiode und teilt mit, daß Strom fließt.
„Das Ding da wirkt also fast wie ein Transistor", fällt Robert auf. „Gut getippt, Robert", bestätigt Delta, „dieses Ding ist ein Transistor! Und weil er auf Licht reagiert, nennen wir ihn 'Fototransistor'."

215 Robert hält seine „Hand" zwischen Lichtquelle und Fototransistor. Er schwenkt seinen Greifer hin und her.
Je stärker der Fototransistor beschattet wird, desto schwächer leuchtet die Diode.





Roberts Notizblock

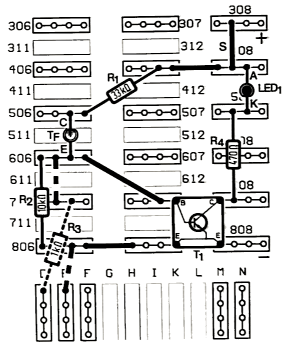
Anders als andere Transistoren, besitzt der Fototransistor nur zwei Beine. Das kurze Bein ist der Kollektor, das lange der Emitter.
Die Basis steckt in dem glasklaren Gehäuse und reagiert nicht, wie ein normaler Transistor, auf einen Elektronenstrom, sondern auf einen Fotonenstrom, also Licht.
Erhält der Fototransistor kein Licht, so sperrt er; je mehr Licht er von oben bekommt, desto stärker wird sein KollektorEmitter-Strom.

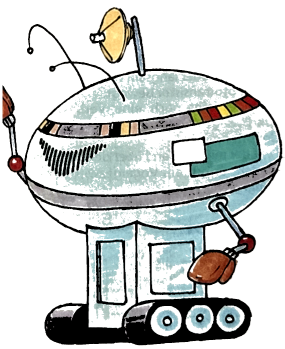
„Mit einer einfachen Schaltung, die einen Fototransistor enthält, kann man Licht verstärken", behauptet Armstrong. „Halt, halt", unterbricht Delta, „gerade von dir hätte ich etwas mehr Präzision erwartet. Natürlich kann man Licht nicht verstärken, sondern nur seine Wirkung stärker machen."

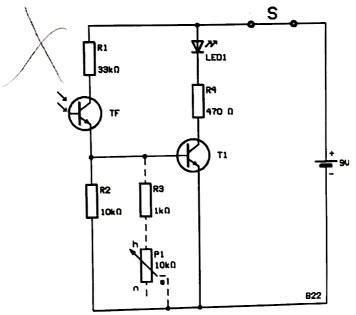
216 „Wenn ich das grade mal zeigen darf", meint Delta. Er dunkelt sein Büro ab und steckt den Aufbau entsprechend den Skizzen unten zusammen. Die gestrichelt eingezeichneten Teile läßt er noch weg.
Im dunklen Zimmer leuchtet die Leuchtdiode nicht, weil der Fototransistor sperrt und T1 damit keinen Basisstrom erhält.

217 Nun zündet Julius Delta etwa dreißig Zentimeter über dem Fototransistor ein Streichholz an.
Die geringe Lichtmenge vom Zündholz reicht schon aus, um durch den Fototransistor etwas Strom fließen zu lassen. Da ein Teil dieses Stroms in die Basis auf T1 fließt, reagiert der Transistor mit einem großen Kollektorstrom.
„Ich würde diesen Apparat gerne auch in einem helleren Zimmer benutzen", wünscht sich Robert. „Dazu müssen wir nur seine Empfindlichkeit verstellen", teilt Delta mit.

218 Delta nimmt den 10-kΩ-Widerstand R2 (braun-schwarz-orange) aus der Schaltung und steckt die gestrichelt gezeichneten Teile in den Aufbau. Mit dem Poti kann man nun einstellen, ab welcher Lichtstärke das Gerät anspringen soll.

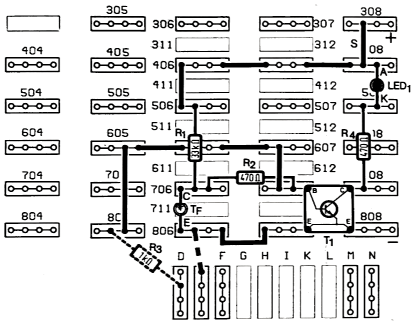






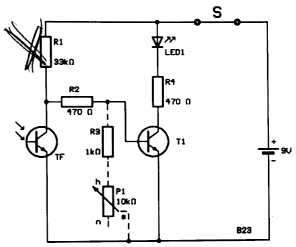
Wenn's dunkel wird, wird's hell

„Ich möchte euch was Neues zeigen", macht Julius Delta die beiden Elektroniker neugierig. „Das Licht auf den Gängen und in den Arbeitsräumen in 'Merkur' wird seit einigen Tagen von einer elektronischen Schaltung automatisch eingeschaltet, sobald es draußen dunkel wird."
„Und wie soll das gehen, bitteschön?" fragt Robert frech. „Natürlich wieder mit dem Fototransistor", erklärt Delta.



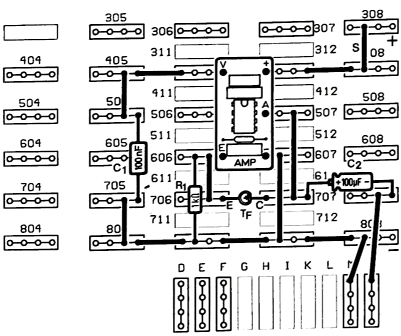
219 Delta baut die Schaltung so auf, wie sie unten zu sehen ist. Die gestrichelten Teile baut er nicht ein. Dann läßt er die Jalousie herunter und verdunkelt so den Raum.
Die Diode leuchtet auf, sobald es dunkel wird.
„Prima", lobt Armstrong, „das ist eine Schaltung, die ich auch gerne in anderen Abteilungen vorführen würde. Ich denke, die könnten sie auch brauchen", meint er. „Moment, das ist noch nicht alles, aber wirklich", ergänzt Delta.

220 Er baut nun zusätzlich das Poti und die gestrichelten Teile ein.
Durch Drehen am Knopf läßt sich nun die Empfindlichkeit des Fototransistors mühelos einstellen.



Der Fototransistor pfeift

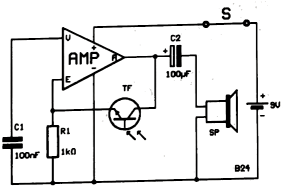
„Nette Schaltung", meint Sepp Wurzel, der mit Delta einiges zu besprechen hatte. „Ich habe allerdings den Fototransistor noch viel feiner eingesetzt!" Er erzählt von seinem neuesten Vogel, einem Sternensilberling. „Ich konnte mit meiner Fieperschaltung nicht die Töne imitieren, die der Silberling für einen Artgenossen gehalten hätte. Da habe ich diese Schaltung mit dem Fototransistor entwickelt", berichtet er.



221 Schon bastelt Wurzel an einem Aufbau, der dem unten genau gleicht.
Als er die Batterie anschließt, ist sofort ein hoher Piepston zu hören.
„Wie Vogelgezwitscher hört sich das noch nicht an", kritisiert Robert.

222 Wurzel fährt mit seiner Hand über den Fototransistor.
Siehe da, schon verändert sich das Piepsen, je nachdem, wie schnell oder langsam Wurzel seine Hand über dem Fototransistor bewegt.

223 „Und es gibt noch eine Verbesserung", sagt Wurzel und steckt als C1 einen Kondensator mit 1 µF.
Als Wurzel wieder mit der Hand über dem Fototransistor wedelt, ertönt ein Vogelgezwitscher in tieferer Tonlage.



„Lieber Professor", legt Wurzel seine Stirn in Sorgenfalten, „Sie sehen in letzter Zeit so blaß aus. Ich würde Ihnen dringend empfehlen, entweder bei mir vierzehn Tage auf den Feldern auszuhelfen oder ein Solarium aufzusuchen." M-3, der ja mit dem Teint keine Probleme hat, kann sich dieser Meinung nur anschließen. Er hat allerdings Hintergedanken, denn er weiß, daß die Bräunungsstudios im Freizeitpark 'Saturn' liegen. Da müßten, so denkt er, auch für ihn ein paar Minuten zum Spielen drin sein.

„Na ja, wenn ihr meint", gibt der Professor zu, „bei meiner Tätigkeit ist man wirklich zu wenig an der Sonne."

„Bräunung nach System Sonne" verspricht die Werbetafel über der Eingangstür des Studios. Der Professor, nur mit einer Badehose bekleidet, legt sich entspannt unter ein freies Bräunungsgerät. Er drückt den Ein-Knopf, die Lampe geht an und bescheint seinen Bauch. Nach einiger Zeit verlischt sie automatisch wieder.

Plötzlich wird Armstrong unruhig, denn er überlegt, woher die Maschine wußte, wie lange er sich der künstlichen Sonne aussetzen wollte.

In der Zeit, in der sich der Professor wieder ankleidet, befaßt sich Robert mit der elektronischen Seite des Problems. Als der Professor aus der Umkleidekabine kommt, zeigt er ihm seine „Sonnenschaltung".

Roberts Aufbau entspricht genau dem rechts abgebildeten.

Zum Glück ist es im Zimmer nicht allzu hell, und so kann M-3 auch die Funktionsweise demonstrieren: Er hält ein weißes Papier über den Fototransistor und betätigt den Taster.

Die Leuchtdiode – sie entspricht der Bräunungslampe – strahlt ein paar Sekunden und geht dann von selbst wieder aus.

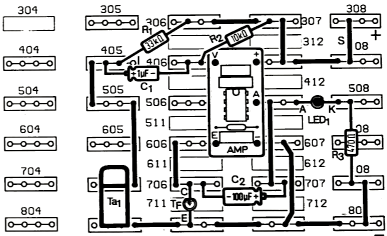
„So weiß wie dieses Blatt Papier ist Ihre Haut", referiert Robert, „das Licht, das von Ihrem Bauch zurückgestrahlt wird, wird vom Fototransistor aufgenommen und in eine entsprechend kurze 'Belichtungsdauer' umgesetzt."

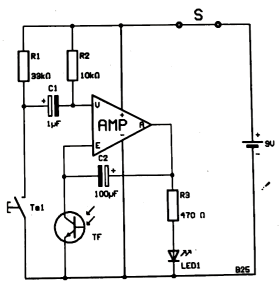
Nun präsentiert Robert, was passiert, wenn sich ein gut gebräunter Mensch der Sonnenlampe aussetzt.

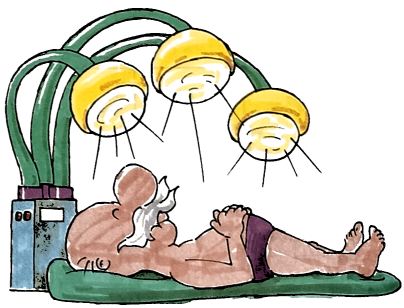
M-3 täuscht einen dunklen Professorenbauch vor, indem er ein dunkles Stück Papier über den Fototransistor hält. Dann betätigt er wieder den Taster.

Jetzt leuchtet die Diode viel länger, denn ein braungebrannter Professor kann auch mehr künstliche Sonne aushalten.

„Danke für den Tip, wie das Gerät funktioniert", meint Armstrong, „sicher hast du auch erkannt, daß wir wieder einen Monoflop vor uns haben. Der Fototransistor wirkt wie der zeitbestimmende Widerstand. Fällt wenig Licht ins glasklare Gehäuse, dann leitet der Fototransistor nur in sehr geringem Maße und funktioniert als Widerstand mit hohem Ohmwert; entsprechend lange strahlt die Diode. Erreicht viel Licht den Fototransistor, dann leitet er besser; sein Widerstandswert ist geringer, und die Diode leuchtet nicht so lange."







„Das war ja ein guter Tip", bedankt sich Armstrong, „ich fühle mich richtig fit. Und wenn wir schon mal hier sind, gehe ich auch gleich in die Sauna." Robert, der in seinem kurzen Roboterleben eine solche Einrichtung noch nie benutzt hat, möchte natürlich mitgehen.

Im „Haus der Fitness" schnappt sich Robert ein Handtuch und rollt zur Saunatür. Sogleich schwappt ihm ein Schwall heißer Luft entgegen.

„Um Gottes Willen, Robert, schnell raus hier", ruft der Professor aufgeregt, „deine Hitzesensoren blinken ja gar nicht mehr! Du mußt schleunigst abgekühlt werden."

Im Freien wedelt der Professor seinem Assistenten mit dem Handtuch kühle Luft zu. Nach ein paar Minuten zeigt das Blinken der Hitzefühler, daß es Robert jetzt wieder besser geht.

„Diesen kleinen Unfall sollten wir zum Anlaß nehmen", schlägt Armstrong vor, „uns deinen Überhitzungsschalter mal genauer anzusehen."

226 „So ungefähr sieht der temperaturabhängige Blinker aus", sagt Armstrong und zeigt M-3 einen Aufbau, der dem unten abgebildeten entspricht. Er dreht das Potentiometer ganz langsam von links nach rechts, bis die Diode gerade zu Blinken beginnt.

„So, jetzt haben wir die richtige Empfindlichkeit des Thermosensors eingestellt", erläutert der Professor.

227 Jetzt erwärmt er den Transistor, indem er ihn mit seinen Fingern festhält.

Der Blinktakt der Diode wird langsamer, schließlich verlischt sie ganz.

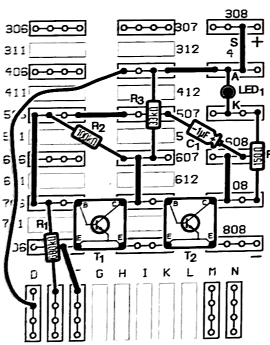
„Natürlich hätte ich den Transistor auch anhauchen oder mit meinem Fön anpusten können, um den Effekt zu demonstrieren", weiß der Professor.

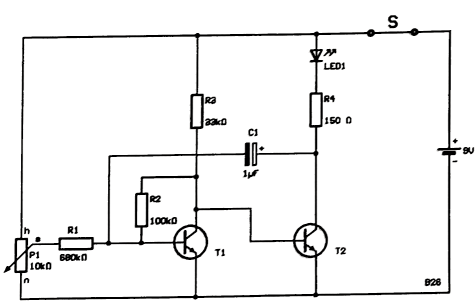
228 Durch Fächeln mit der Hand oder mit dem Handtuch hilft er nach, daß der Transistor T1 wieder abkühlt.

Bald beginnt die Leuchtdiode wieder zu blinken und erreicht schließlich ihre ursprüngliche Blinkfrequenz.

„Wie dieser Schutzschalter funktioniert, das habe ich nun am eigenen Blechleib erfahren", sagt Robert. „Was aber elektronisch passiert, könnten Sie mir ruhig auch noch erklären."

„Ganz einfach", hebt der Professor an, „die Schaltung beruht auf dem Prinzip der Gegenkopplung und Mitkopplung. Die Gegenkopplung besteht hier darin, daß R2 vom Kollektor des Transistors T1 zu seiner eigenen Basis geschaltet ist. Gegenkopplung heißt es deswegen, weil der Strom, der über R2 in die Basis fließt, kleiner wird, wenn der Transistor leitet. Dadurch leitet T1 weniger, und der Basisstrom durch R2 steigt wieder. Es stellt sich ein Gleichgewicht ein. Eine Mitkopplung haben wir über den Kondensator C1 vom Kollektor des nachfolgenden Transistors T2 zur Basis von T1. Ein Impuls über diesen Kondensator unterstützt die Funktionen von T1 und T2 und wirkt der Gegenkopplung entgegen. Aus diesen gegensätzlichen Verhaltensweisen entsteht Instabilität, das Blinken, das zudem noch temperaturabhängig ist."





„Kommse rüber, kommse rein", schallt die Stimme des Marktschreiers über den kleinen Platz in „Saturn", „hier können Kinder ihren Eltern mit wissenschaftlichen Methoden beweisen, daß sie vieles besser können." Der „Lautsprecher" holt sich ein Mädchen und Professor Armstrong aus dem Publikum. Ein kleines Kästchen, das er in der Hand hat, gibt einen sehr hohen Ton von sich. „Bitte sagen Sie es gleich", fordert er seine Kandidaten auf, „wenn Sie den Ton aus dieser Geheimbox nicht mehr hören!"

Er dreht an einem schwarzen Knopf: Der Ton steigt langsam an. Als ungefähr 14 kHz erreicht sind, muß Armstrong mitteilen, daß er nun nichts mehr hört. Die Ohren des Mädchens hingegen sind besser; sie muß erst bei rund 18 kHz passen.

Der Marktschreier gratuliert dem Mädchen: Sie habe ein ganz vorzügliches Gehör. Sie freut sich königlich. Die Pause, die der Marktschreier wenig später einlegt, nutzt Robert zu einem Gespräch unter Experten: „Könnten Sie mir vielleicht erklären, wie Sie diese wahnsinnshohen Töne produzieren?" Von soviel Wissensdurst überzeugt, ist der Gehörtester gerne bereit, sein Geheimnis zu verraten.

231 Er setzt die Brücke X2 ein und legt die Leitung von A nach B.

Die Tonhöhe läßt sich nun auch über den Drehkondensator verändern.

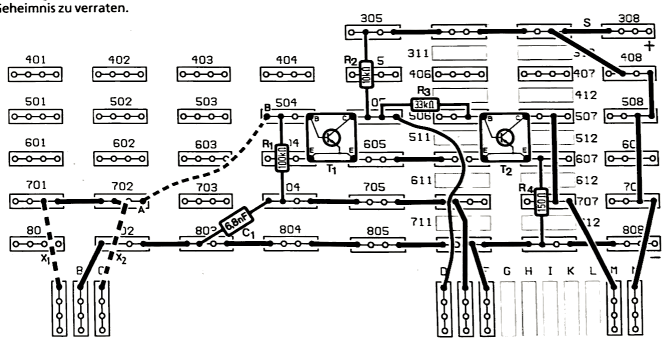
232 Robert spielt weiter: Er entnimmt X2 und steckt X1 in die Schaltung.

Die mit dem Drehkondensator erreichbaren Töne erstrecken sich nun über einen größeren Bereich.

233 Schließlich und endlich baut M-3 X1 und X2 in den Apparat.

Jetzt erreicht der Aufbau seine größte Variationsbreite.

„Bei dieser raffinierten Schwingschaltung", erklärt der Marktschreier, „hat der Kondensator C1 nur einen sehr kleinen Wert. Der erzeugte Ton kann daher so hoch werden, daß ältere Menschen ihn gar nicht mehr wahrnehmen. Wenn durch die Drahtbrücken X1 und X2 der Drehkondensator zugeschaltet wird, kann man zusätzlich Einstellungen an der Tonhöhe vornehmen."



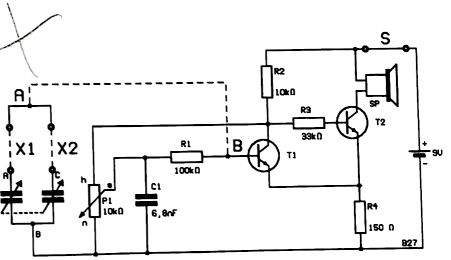
229 Er zeigt Robert den Schaltplan, der dem rechts abgedruckten entspricht. Robert baut das Gerät zusammen, läßt aber zunächst die Leitung von A nach B sowie die Brükken X1 und X2 weg. Das Poti dreht er zum linken Anschlag.

Ein Ton schallt aus dem Lautsprecher, der zwar sehr hoch ist, jedoch von Menschen jeden Alters gehört werden kann.

230 Nach Anweisung des Marktschreiers dreht nun Robert das Poti langsam nach rechts.

Der Ton wird immer höher und ist schließlich so hoch, daß ihn kein Mensch mehr hören kann.

„Das Gerät", erläutert der „Marktelektroniker", „läßt sich noch feiner regulieren."



Siegertypen aus Blech

Als Armstrong und Robert an der Spielhalle „Space Games Unlimited" vorbeikommen, bleibt der Roboter plötzlich stehen. „Das ist doch mein Bruder Siegfried, der dort an dem Flipperflopper steht!" ruft Robert und schon rollt er flott durch die Eingangstüren der Spielhalle. Der Professor hat Mühe zu folgen.

Die beiden Roboter probieren sofort ein neues Gerät aus: einen Reaktionstester. Zwei Leuchtdioden und zwei Taster haben die Roboter vor sich; derjenige, der seine Taste nach dem Startsignal zuerst drückt, dessen Diode geht an. Da aber sowohl Robert wie auch Siegfried mit dem exakt gleichen Reaktionsprogramm ausgerüstet sind, drücken sie beide im Bruchteil des gleichen Sekundenbruchteils: Das Testgerät gibt hilflose Rauchzeichen von sich. Der Professor schmunzelt: „Typisch Maschine!"

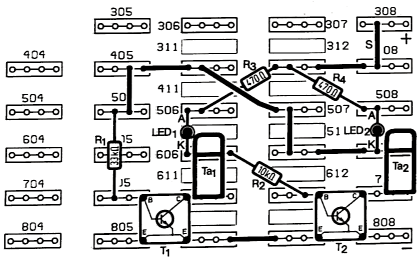
„Schnell gedrückt ist halb gewonnen!" sagt Robert und fordert ihn zu einem Reaktionsduell heraus. Armstrong stellt sich vor den Apparat und versucht, möglichst schnell zu drücken. Doch gegen die schnelle Greifhand Roberts hat er keine Chance. Auch Siegfrieds Lampe brennt, als der Professor gegen ihn angetreten ist. „Von wegen typisch Maschine", frotzelt Robert, „typisch vielleicht, aber besser!"

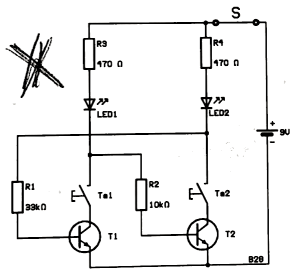
„Also gut", ergibt sich der Professor, „ihr habt gewonnen. Und wenn ihr mir jetzt noch den Aufbau dieser Schaltung erklären könnt, spendiere ich nachher ein Fläschchen Nähmaschinenöl für die roboterlichen Rollen."

234 Robert und Siegfried besprechen sich einen Augenblick, dann präsentiert Siegfried den Aufbau, wie er ihrer Ansicht nach aussehen müßte. Er entspricht den Darstellungen unten.

Tatsächlich geht dann, wenn Ta1 zuerst gedrückt wird, die grüne Leuchtdiode an; ein Druck auf Ta2 bewirkt dann überhaupt nichts mehr. Das gleiche gilt umgekehrt für die rote Diode.

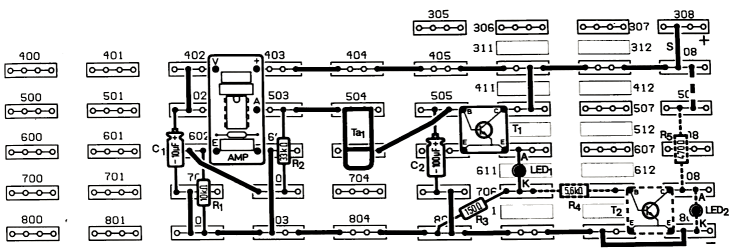
Der Professor gibt auch gleich noch die nötigen Erklärungen: „Die Schaltung entpuppt sich beim näheren Hinschauen als das wohlbekannte Flipflop. Allerdings sind hier die Kollektor-Leitungen durch Taster unterbrochen. Da bei einer Flip-flopschaltung niemals beide Leuchtdioden gleichzeitig leuchten können, bleibt grundsätzlich diejenige brennen, die über einen gedrückten Taster zuerst Strom bekommen hat. Selbst bei einer Millionstel Sekunde Zeitunterschied ermittelt diese elektronische Maschine unbestechlich den Schnelleren!„





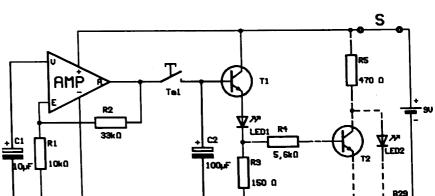
Zufällig kommen Armstrong und die beiden Roboter zur großen Show in der Haupthalle. „Das ist doch Pokus!" wundert sich Robert und zeigt mit seiner Greifhand auf die Bühne. „Ich wußte gar nicht, daß er auch hier seine Tricks vorführt", sagt Armstrong, „das müssen wir sehen." Sie drängeln sich durch die vielen Menschen und Roboter, die um den Zauberer herumstehen.
„Leuchtet die Diode, leuchtet sie nicht, das weiß selbst ich, der Zauberer nicht!" ruft Hokus der Menge zu. Vor ihm ist eine große Leuchtdiode zu sehen, die mit einem Taster verbunden ist. Hokus bittet Zuschauer auf die Bühne. „Ob an, ob aus, was kommt heraus?" zischt er zauberisch. „Sie drücken die Taste, sagen mir, ob sie 'hell' oder 'dunkel' tippen, und lassen die Taste los. Wer richtig vorhergesehen hat, erhält ein wahrhaft zauberhaftes Geschenk!"

Nun baut Armstrong die gestrichelt gezeichneten Bauteile ein.
Sobald er Ta1 drückt, blinken die rote und die grüne Leuchtdiode abwechselnd. Je nachdem, wann er den Taster losläßt, leuchtet nach einer Weile entweder die rote oder die grüne Diode. Armstrong gibt auch gleich die Erklärungen:
„Der Verstärker AMP läuft hier in der bekannten Schwingschaltung. Beim Betätigen des Tasters wird C2 in rascher Folge aufge- und entladen. Wird der Taster im geladenen Zustand losgelassen – und das kann man nicht beeinflussen! –, leuchtet die Diode, andernfalls ist sie dunkel. Mit der Parallelschaltung von T2 und LED2 wird ein gegenläufiges Arbeiten der Dioden erreicht."



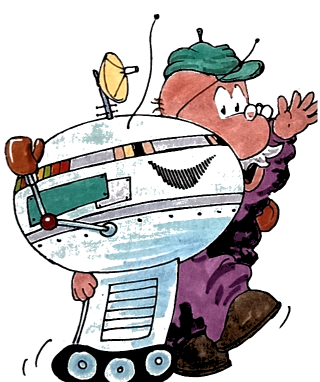
Staunend schauen Robert und Siegfried dem Spiel zu. „Verstehen Sie", fragt Robert den Professor, „wie das funktioniert?" Der nickt: „Er hat sich einen Zufallsgenerator gebaut. Moment, das können wir auch." Schon ist der gescheite Professorenkopf in der Bauteiletasche verschwunden.

Nach einigem Kramen steckt der Professor die Schaltung so zusammen, wie sie rechts zu sehen ist. Die gestrichelt gezeichneten Teile baut er noch nicht ein. Dann betätigt er Ta1.
Die rote Leuchtdiode beginnt zu blinken. Sobald Armstrong die Taste losläßt, ist die Diode nach einer gewissen Zeit entweder an oder aus.



Schluß mit Hokus Pokus

Nach der Show entdeckt Hokus Pokus seine Elektronikfreunde im Publikum und lädt sie zu einem kleinen Imbiß ein. Die beiden Roboter genießen eine frische Ladung für ihre Akkus, und der Professor läßt sich eine Pizza schmecken.
Robert kann sich's nicht verkneifen, dem Zauberer die verbesserte Zufallsschaltung des Professors zu zeigen.
Hokus ist begeistert: „Darf ich diese Schaltung in meiner Show verwenden, Sirius?" Armstrong hat nichts dagegen: „Aber selbstverständlich, Hokus, dafür habe ich sie doch zusammengesteckt."
Mit großem Adieu verabschieden sich die drei vom Zauberer. „Laßt euch bald mal wieder sehen", murmelt er ihnen hinterher, „macht doch immer wieder viel Spaß, die Elektronik!"
Siegfried schlägt den Heimweg zum Voltasium ein. „Tschüß Bruderherz", verabschiedet sich Robert, „bis die Tage!" Armstrong klinkt sich ins Transportsystem, und Robert rollt hinterher.
„Na, was hat dir denn heute von unseren elektronischen Aufbauten am besten gefallen?" fragt der Professor seinen Assistenten. Der läßt sich die Frage eine Weile auf der Denkscheibe zergehen und meint dann: „Das waren so viele trickreiche Versuche; ich glaube, es wird eine Weile dauern, bis ich das alles richtig kapiert habe!" Armstrong nickt verständnisvoll: „Deshal bist du ja auch ein Roboter, der lernen kanr Aber so wie du gestern die Grundlagen der Elek tronik kennengelernt hast, so wirst du auch di weiterführenden Versuche mit einigem eigene Probieren schon in den Griff bekommen, da bi ich sicher." Er klopft dem kleinen Roboter aner kennend auf den Blechdeckel.
„Am besten fand ich die Vogelgezwitscher Schaltung, aber auch der akustische Blinker wa beeindruckend, besonders interessant waren di Versuche mit dem Fototransistor und dann noc der Zufallsgenerator und die Reaktionsmaschin und...", zählt Robert begeistert auf.
Der Professor schüttelt nur den Kopf: „Ich seh schon, es waren zu viele reizvolle Schaltungen du kannst dich ja gar nicht entscheiden. Viel leicht können wir uns darauf einigen, daß di tollsten Versuche diejenigen sind, die wir selbs zusammengebaut haben, was meinst du?" Ro bert richtet staunend seine Optosensoren au den Professor: „So habe ich das noch gar nicht gesehen, da ist was dran. Könnte ich mir Ihre Ta sche ausleihen?"
„Wozu das denn?" will Professor Armstrong wis sen. „Ich glaube, ich werde mir ein paar Aufbau ten nochmal vornehmen, nur sicherheitshalber", sagt Robert.

Wenn mal was nicht funktioniert

Gelegentlich tut ein Versuchsaufbau nicht genau das, was man von ihm erwartet. Professor Armstrong empfiehlt, folgende Checkliste durchzugehen; in 99 Prozent aller Fälle wird sich der Fehler dann herausstellen.
– Stecken alle Bauteile und Drahtbrücken an der richtigen Stelle? Zur Sicherheit sollte man die Drahtbrücken nachzählen.
– Sind die Kondensatoren richtig gepolt?
– Stimmen die Widerstandswerte? 33 Ω (orange-orange-schwarz), 3,3 kΩ (orange-orange-rot) und 33 kΩ (orange-orange-orange) verwechselt man ebenso leicht wie 10 Ω (braun-schwarz-schwarz), 1 kΩ (braun-schwarz-rot) und 100 kΩ (braun-schwarz-gelb).
– Hat die Batterie noch genügend „Saft"? Im Zweifelsfall kann man sie ja mit dem Batterietester (Versuch 30-34) prüfen.
– Ist die Batterie so eingebaut, daß sie Kontakt hat?
– Steckt die Leuchtdiode richtig in der Schaltung? Zu beachten: Die flache Stelle bzw. das kürzere Bein markiert die Katode.
– Sind die Transistoren richtig eingesetzt? Bestehen Zweifel an ihrer Funktionsfähigkeit, untersuche man sie mit dem Transistorprüfer (Versuch 37 und 38).